

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Psicología, Educación y Salud Maestría en Educación y Gestión del Conocimiento



Sistematización y materialización del proceso de enseñanza de la química a nivel universitario

Trabajo recepcional que para obtener el grado de
Maestro en Educación y Gestión del Conocimiento

Presenta: **ING. MARTÍN ADOLFO GARCÍA SÁNCHEZ**
Asesora **MTRA. MARÍA DEL PILAR FLORES RAMÍREZ**

Tlaquepaque, Jalisco. 8 de agosto de 2021.

Resumen.

La enseñanza de la química a nivel universitario representa un reto para los docentes. Los índices históricos de aprovechamiento reflejan la existencia de un problema importante. En este documento se describe el problema existente en la enseñanza de la química en una universidad privada y se incluye en el contexto más amplio de otras instituciones y países. Así mismo se presenta el mapa del conocimiento existente en la organización para identificar los activos de conocimiento relevantes que pueden contribuir al logro del objetivo del proyecto.

El documento da cuenta del proceso de gestión del conocimiento seguido por el autor (un profesor universitario) para sistematizar y externalizar su práctica de enseñanza de la química y los resultados obtenidos en el aprendizaje de sus alumnos con esta práctica innovadora. Esta, incorpora diferentes estrategias sustentadas en un marco constructivista, cuyo común denominador es colocar al alumno al centro como actor principal en la construcción del aprendizaje.

Se emplea un enfoque cualitativo para la recolección e interpretación de los datos. Se utilizó el paradigma cualitativo para el análisis de lo observado siguiendo los pasos del método interpretativo básico; la observación participativa y las entrevistas fueron las técnicas de recolección de datos, levantando registros de campo con las observaciones obtenidas para después analizar los resultados y obtener argumentos válidos que describen la práctica educativa.

Palabras clave: intervención educativa, enseñanza de la química, autoaprendizaje, pensamiento creativo y crítico, Lectio Divina, gestión del conocimiento, estrategia innovadora de enseñanza-aprendizaje.

Abstract.

Teaching chemistry at the university level represents a challenge for teachers. Historical utilization rates reflect the existence of a significant problem. This document describes the existing problem in teaching chemistry in a private university and is presented in the broader context of other institutions and countries. Likewise, the existing knowledge map in the organization is presented to identify the relevant knowledge assets that can contribute to the achievement of the project objective.

The document gives an account of the knowledge management process followed by the author (a university professor) to systematize and externalize his practice of teaching chemistry and the results obtained in the learning of his students with this innovative practice. This practice incorporates different strategies supported by a constructivist framework; whose common denominator is to place the student at the center as the main actor in the construction of learning.

A qualitative approach is used to collect and interpret the data. The qualitative paradigm was used for the construction of what was observed following the steps of the basic interpretive method; Participatory observation and interviews were the data collection techniques, collecting field records with the observations obtained in order to later analyze the results and obtain valid arguments that describe the educational practice.

Keywords: educational intervention, chemistry teaching, self-learning, creative and critical thinking, Lectio Divina, knowledge management, innovative teaching-learning strategies.

Contenido

Introducción.....	7
Capítulo I. Problema y diagnóstico.....	10
1.1 Contexto.....	10
1.2 Problemática en la enseñanza de la química en el nivel universitario	15
1.2.1 Resultados de una metodología innovadora que funciona	18
1.2.2 Problemática: metodología no sistematizada.....	21
1.3 Mapa del conocimiento	23
1.4 Objetivos	27
Capítulo II. Revisión de la literatura	29
2.1 Acercamiento a la enseñanza de la química: revisión de experiencias	29
2.1.1 Experiencias de enseñanza.....	30
2.1.2 Gestión del conocimiento como método pedagógico	34
2.2 Marco teórico.....	35
2.2.1 Constructivismo.....	35
2.2.2 Lectio Divina	36
2.2.3 Aprendizaje por descubrimiento.....	39
2.2.4 Aprendizaje por asombro.....	40
2.2.5 Aprendizaje basado en retos (ABR).....	43
2.2.6 Aprendizaje basado en el error (ABE)	44
2.2.7 Gestión del conocimiento – marco teórico.....	45
Capítulo III. Plan de trabajo.....	50
3.1 Plan de intervención.....	50
3.1.1 Objetivo	50
3.1.2 Etapas o estrategias generales.....	51
3.1.3 Plan de trabajo/cronograma	53
3.1.4 Evaluación de la gestión	54
3.2 Contexto.....	55
Capítulo IV. Método de recolección y sistematización de información.....	58
4.1 Paradigma cualitativo.....	58
4.2 Técnicas de recolección de datos.....	59
4.2.1 La entrevista.....	59

4.2.2 La observación.....	60
4.2.3 Análisis de datos.....	61
4.3 Reflexión ética.....	62
Capítulo V. Análisis de la intervención.....	63
5.1 Análisis de la práctica educativa del docente.....	63
5.1.1 Estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje.....	63
5.1.2 Estrategias para el desarrollo cognitivo.....	76
5.1.3 Recursos empleados en la práctica educativa para la enseñanza de la química.....	80
5.2 Conocimiento estructural.....	90
5.2.1 Guía de Dinámicas grupales.....	91
5.2.2 Manual de prácticas de laboratorio.....	94
Conclusiones.....	101
Referencias.....	105

Índice de figuras

Figura 1 Tendencias de indicadores de Educación Media Superior y Educación Superior.....	12
Figura 2 Población promedio de alumnos de química en ITESO y cantidad de reprobados	17
Figura 3 Población total de alumnos y de reprobados después de la innovación.....	19
Figura 4 Población promedio de alumnos de química en ITESO y cantidad de reprobados	20
Figura 5 Tendencias de los tres índices representativos de la respuesta del alumno hacia el curso21	
Figura 6 Árbol de problemas (material del autor, 2020).....	23
Figura 7 Árbol de objetivos-medios-fines (material del autor, 2020).....	28
Figura 8 Paradigma Pedagógico Ignaciano (PPI) (FLACSI, 2016)	38
Figura 9 Cronograma tentativo de actividades de la sistematización	53
Figura 10 Tareas del diagrama de Gantt de la figura 9	54
Figura 11 Diagrama de laboratorios del edificio I (PTI) en ITESO.....	56
Figura 12 Acercamiento del croquis anterior al laboratorio I	57
Figura 13 Análisis de datos cualitativos. Tomado de Chacón (2006).....	61
Figura 14 Alumnos de QG-II exponiendo (material inédito propiedad del profesor, 2019).....	73
Figura 15 Alumnos de QG-II en examen (material inédito propiedad del profesor 2019)	74
Figura 16 Reacción de precipitación del yoduro de plomo II (tomada de Zamora Plata, s/f)	81
Figura 17 Alumnos de Química general II en el laboratorio (material inédito del profesor, 2019)..	84
Figura 18 Gráfica de los elementos de la TPE (material inédito del profesor, 2019)	85
Figura 19 Vídeo del comportamiento de la familia IA al reaccionar con agua (tomado de https://www.youtube.com/watch?v=lcVqu-DN6HQ&t=3s)	86

Introducción.

La enseñanza de la química, o de cualquier asignatura de las ciencias exactas es un reto para los docentes. En el contexto mexicano, los resultados observados en evaluaciones internacionales, así como en mediciones internas de las universidades, indican que los niveles de aprovechamiento en estas asignaturas son históricamente bajos, existe abandono y disminución en la elección de las carreras relacionadas con las ciencias exactas (Galagovsky, Lydia R, 2005)

Esta situación es multifactorial, pero uno de los elementos causales está relacionado con los procesos de enseñanza que no promueven en los alumnos habilidades básicas tales como resolución de problemas en contexto, aprendizaje significativo, toma de decisiones, trabajo en equipo, etc. Se menciona que:

Han sido motivos de preocupación desde hace varias décadas las actitudes de rechazo hacia la ciencia en general y la química en particular, de los estudiantes en la etapa preuniversitaria, la disminución de la matrícula en las carreras de corte científico y la deserción temprana (Barbera, Cheung, Gavidia, Hernández, todos citados en Rius de la Pola, 2011).

En este documento se presenta una propuesta para la explicitación y sistematización de la práctica educativa de un docente de química a nivel universitario. El interés y la importancia de esta sistematización radica en que, a pesar de que dicho docente ha realizado desde años atrás una innovación en su práctica educativa obteniendo resultados positivos en los índices de aprovechamiento, participación y aprobación de la asignatura por parte de sus alumnos, esta metodología no está explicitada ni sistematizada, lo cual dificulta que sea mejorada y compartida con otros colegas.

El modelo de gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995) y Nonaka y Konno (1998) conocido como el modelo espiral del conocimiento, expone al aprendizaje como un ciclo, continuo y acumulativo, donde se va generando, transformando e integrando el conocimiento definido como tácito (subjetivo, personal, contexto específico y muy difícil de formalizar y transmitir) y el explícito (conocimiento objetivo, transmisible por medio de un lenguaje formal y sistemático), en dos niveles ontológicos, individual y organizativo-colectivo-socializado (Nonaka y Takeuchi, Nonaka y Konno citados por Martínez-Caraballo, 2006, p. 316). Esto significa que el conocimiento organizativo es como si fuera un ente vivo que va creciendo y evolucionando, donde convergen y divergen en diferentes nodos de la

red de conocimiento, las ideas que van conformando el todo. La sistematización y conservación del conocimiento construido es un proceso estratégico en las organizaciones que aprenden.

A partir de lo anterior se plantean las siguientes interrogantes, en torno a una práctica que ha resultado exitosa:

- ¿Cuáles son las características de esta práctica educativa que logra generar un interés genuino por la ciencia en los alumnos, en este caso específico, en la química?
- ¿Cuáles son los diferenciadores de esta práctica educativa respecto a la enseñanza tradicional de la química?

Se intentará responder estas preguntas a lo largo del documento siendo el objetivo principal de este, el sistematizar y materializar la práctica educativa del docente, para darla a conocer y proveer de las estrategias y recursos para quien quiera aplicarla y/o adaptarla a su práctica educativa, y busque mejorar tanto los indicadores de enseñanza como el impacto académico en sus estudiantes en cuanto a aprendizaje y comprensión, para prepararlos de una mejor manera hacia el mundo profesional.

Se estructuró este documento en cinco capítulos. En el primer capítulo se presenta el contexto y la problemática de la enseñanza de las ciencias exactas a nivel universitario.

El capítulo II presenta el sustento teórico mediante la revisión de experiencias similares en México y Latinoamérica, y el marco teórico que lo sustenta. El capítulo III presenta el diseño de la intervención en cuatro fases, planeación, documentación, análisis y depuración, y materialización de las prácticas educativas desarrolladas en el aula por el docente.

El capítulo IV expone la metodología utilizada para la recolección y sistematización de la información, desarrollando el paradigma educativo en el que se basa esta captura y análisis de los datos, además de justificar el por qué se utilizó la entrevista y la observación para capturar en diarios, todas las “minucias” (Kawulich, 2005) que suceden dentro del aula – teórica o práctica – y que en conjunto describen la práctica educativa del docente.

El capítulo V expone el análisis de la información partiendo desde las categorías de análisis hasta la argumentación sustentada y que describe la práctica educativa incluyendo las estrategias, recursos que sustentan estas y que logran un desarrollo cognitivo complejo en el estudiante. Adicionalmente en este capítulo se menciona el conocimiento estructural recabado.

Por último, se exponen las conclusiones de este proyecto en donde se da cuenta de que no es solamente una manera diferente de “dar la clase” que no está “centrada en el docente”, sino que es una práctica que engloba diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje centradas en el alumno, que buscan desarrollar pensamiento complejo que se resume en autoaprendizaje, en pensamiento crítico y creativo.

Capítulo I. Problema y diagnóstico

Y, ¿qué es la verdad? (Jn 19,38 La Biblia Latinoamericana, p.271).

En este primer capítulo se presenta la problemática existente actualmente en el nivel universitario y profesional, tanto a nivel nacional como internacional sobre la enseñanza de la química. Se aborda el contexto de esta situación desde la óptica de diversos autores, para posteriormente, esbozar la problemática que se vive en varias universidades de España y Latinoamérica. A partir de este contexto, se plantea el problema que se aborda en este proyecto.

Así mismo se describe el mapa del conocimiento sobre la enseñanza de la química, identificando los recursos existentes en la organización donde se realiza el proyecto y se define el objetivo del trabajo basado en los resultados. Finaliza el capítulo con una reflexión ética sobre la manera de abordar la sistematización de la práctica educativa y el cuidado de los participantes en el proyecto.

1.1 Contexto

La química junto con la física y las matemáticas, son tres asignaturas con fama de ser “las islas marías” que ahuyentan a muchos preparatorianos o universitarios recién ingresados, obligándolos inclusive a repensar la decisión sobre su vida profesional (Mendoza, 2003).

Se puede inferir que el déficit en la comprensión de la química es un problema que se viene arrastrando desde la preparatoria y más aún, desde la educación secundaria y primaria, en donde se le han dado pocas herramientas al alumno para afrontar el reto de comprender las ciencias exactas.

Según Galagovsky (2005) la enseñanza de la química se halla en crisis a nivel mundial, y no es por falta de recursos educativos en cuanto a tecnología, infraestructura o económicos, sino que es notorio y preocupante el poco interés que tienen hoy en día los estudiantes por carreras universitarias donde se involucra el estudio de ciencias exactas. Menciona que no solo es la baja matriculación que están recibiendo estas carreras, tales como química, bioquímica, nutrición, químico fármaco biólogo, etc., sino que los pocos alumnos que se

matriculan llegan con un conocimiento tácito-explícito tan pobre en cuanto a química se refiere, que explica el por qué los resultados de aprovechamiento son bajos:

Enseñar ciencia y tecnología a las nuevas generaciones no es sencillo, y está demostrado que la motivación de los jóvenes por este tipo de educación ha decaído a nivel mundial. Una evidencia generalizada de este fenómeno es el decrecimiento en la matrícula de ingresantes en las carreras de ciencia o tecnología y la mala percepción del público en general sobre la ciencia como actividad humana (Webster, 1996; Royal Society of Chemistry, 2001 citados en Galagovsky, 2005).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en su reporte sobre el diagnóstico de estrategias, competencias y habilidades para México en 2017 (OCDE, 2017) menciona que, aunque en México la obligatoriedad de la educación primaria y secundaria es para todos, y esto hace que todo niño en México tenga derecho a cursar los primeros dos niveles educativos, la escolarización al tercer nivel (Educación Media Superior) cae al 54%, muy por debajo de la media de la organización (84%). También menciona que, aunque en México los beneficios de cursar la Educación Superior están entre los más elevados de los países que engloba la OCDE, solamente un 16% de la población estudiantil, cursa estudios universitarios, siendo esta la proporción más baja de los países de la organización. En México un 52.5% de población vive del empleo informal, cifra que lo convierte en un país productor de mano de obra de bajo valor agregado (OCDE, 2017).

El pilar número uno de desarrollo como nación para la OCDE es el desarrollo de competencias relevantes, y pocos jóvenes mexicanos cursan niveles de educación superior alcanzando niveles altos de competencias. Esto sitúa a México al final de los países que conforman la organización. Según el Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos (PISA), el 56.5% de los estudiantes tiene niveles deficientes en matemáticas, el 47.8% en ciencias -que es donde entra la química- y el 41.7% en lectura (OCDE, 2017).

La Secretaría de Educación Pública presenta para el sistema educativo nacional, resultados obtenidos en diferentes ciclos (*Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2014-2015*, 2015), (*Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2018-2019*, 2019), y en estos documentos consigna diferentes datos de interés. Se utilizaron para este proyecto los niveles de educación media superior (EMS) y el nivel de educación superior (ES). El EMS equivale a la educación preparatoria, bachillerato, vocacional y educación media superior

técnica, mientras que el ES, equivale a carreras técnicas, universidad pública y privada en grados académicos de licenciatura, maestría y doctorado. Los indicadores contemplados para este estudio son: a) absorción: número de alumnos de nuevo ingreso por cada cien que egresan, b) abandono escolar: alumnos que dejan la escuela por cada cien que se matricularon del mismo nivel, c) eficiencia terminal: número de alumnos que egresan por cada cien que ingresan al mismo nivel y, d) reprobación: número de alumnos que no alcanzan los conocimientos para aprobar el grado escolar por cada cien alumnos inscritos hasta el final del ciclo escolar (*Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2018-2019*, 2019).

En la figura 1 se muestran los datos obtenidos de estos seis indicadores (4 para EMS y 2 para ES) tal y como están reportados por la autoridad; lamentablemente el índice de reprobación y de eficiencia terminal no se reportan para la educación superior. Es importante mencionar que los años consignados en el eje horizontal de este gráfico, son los años finales para cada ciclo anual del calendario escolar SEP; esto es, para el ciclo 2015-2016 se menciona en la gráfica como 2016.

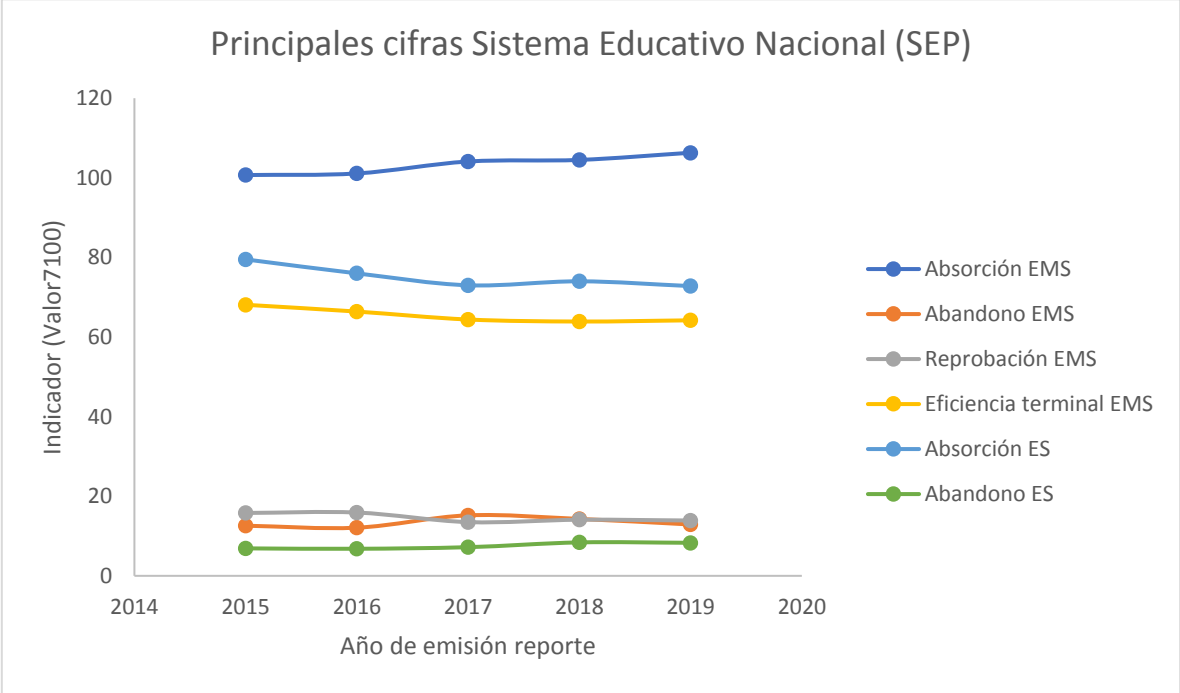


Figura 1 Tendencias de indicadores de Educación Media Superior y Educación Superior. Se contemplan los ciclos escolares desde 2014-2015 hasta 2018-2019. (Secretaría de Educación Pública, 2019)

Se puede observar que para la educación media superior estadísticamente se reporta un abandono del 13.42% en cada ciclo; el índice de reprobación oscila sobre un 15%, y solamente 65 alumnos de cada cien, terminan y se gradúan del nivel. Tal vez si se observan como índices pueden no llamar la atención -aunque debieran hacerlo si se busca una educación de clase mundial-, pero si se toman estos porcentajes de los valores totales de población reportados en el mismo estudio, por ejemplo 5,239,675 para el ciclo 2018-2019, equivaldría a 703,164 alumnos que abandonan el nivel, un total de 786,000 alumnos están reprobados y 1,834,000 no terminan sus estudios de preparatoria.

Los índices reportados para el nivel de educación superior, consignan un ingreso (absorción) de 75 alumnos por cada 100 que egresan -un 25% menor de los que ingresan a la preparatoria, y aquí está el primer indicador de la disminución de la matrícula que continua sus estudios- y un abandono del 7.52%, lo cual equivaldría para los datos de población reportados por la SEP para el ciclo 2018-2019 (3,943,544 alumnos inscritos), 296,555 alumnos abandonarán este nivel (Secretaría de Educación Pública, 2019).

Cabe hacer mención que los datos reportados por la SEP no son los datos específicos para el área de ciencias exactas, y en este caso específico, para química. Se incluyeron estas porque, es interesante observar la gran similitud en cuanto a proporción tienen estas cifras globales con respecto a las encontradas de manera particular en el caso de la asignatura de química en la cátedra que ha impartido el autor durante siete años.

La OCDE informa que, aunque en México la repetición de cursos ha disminuido del 30% que se tenía en 2003 al 15.8% en el 2015, este número supera el promedio de la OCDE del 11.3%. Para ello recomienda que el docente, para poder ofrecer una práctica de aprendizaje de calidad, debe formarse correctamente y contar con oportunidades de capacitación y desarrollo profesional a lo largo de su carrera (OCDE, 2017).

En otro país, Hylton et al., 2016 mencionan que en los últimos cinco años la tasa de aprobación de la química en los primeros años de la carrera se encuentra entre el 30-50% en la universidad de Jamaica, y según el estudio desarrollado, los estudiantes expresan que estos resultados bajos se deben a que requieren ayuda extra-clase, se sienten abrumados por la cantidad de información que reciben, el contenido del curso es irrelevante para aplicarse al mundo real o hacia el área específica de estudio, existe una brecha grande entre el conocimiento dado en la preparatoria contra el de la universidad, y la percepción está

alejada de la realidad, por lo que debe rediseñarse la manera en cómo se imparte la enseñanza (Hylton et.al., 2016)

Hylton et al (2016, p. 39) consideran que para lograr los cambios esperados se requiere que “los profesores se conviertan en estudiantes continuos que estén dispuestos y abiertos a crear nuevas formas de enseñanza, respaldadas por un cambio en su sistema de creencias filosóficas”. Con esta idea el docente es el primer responsable en lograr el éxito en el aula, por lo que debe desarrollar actitudes y aptitudes de líder para lograr el cambio. “Los líderes no solo imponen objetivos a los seguidores, sino que trabajan con otros para crear un sentido compartido de propósito y dirección” (Leithwood y Riehl citado en Hylton et al., 2016, p.39). Concluyendo, se infiere que el docente debe hacer equipo con los alumnos y jugar el papel de líder en el grupo, para que ellos puedan encaminarse al éxito esperado.

Martínez, Pérez, Ojeda, y Ascanio, (2018) al estudiar la visión epistemológica de la ciencia contra la praxis pedagógica de los docentes con profesores participantes de la maestrías en enseñanza de la química y de la biología, concluyen que, a pesar de que el perfil epistemológico de los docentes tuvo cambios después del estudio, estos no se vieron reflejados en la praxis seguida, por lo que existe una disociación entre el marco teórico del docente y su manera de trabajar en el salón de clases, además de que cada docente tiene su manera particular de trabajar en el aula (Martínez et.al., 2018).

Martínez et al. (2018) también encontraron que los docentes con una posición epistemológica orientada al positivismo lógico, al empirismo y al racionalismo, muy difícilmente logran adaptarse a la alfabetización científica, en aras de lograr el objetivo de impartir el conocimiento científico que el alumno necesita obtener, de allí la disociación entre la realidad epistemológica del docente y su accionar en el aula, por lo que sugieren que los docentes deben capacitarse en programas formativos que incluyan la epistemología de la ciencia, y esto le permita conocer la alfabetización científica y tener una posición reflexiva que logren mejorar la técnica personal de enseñanza en el aula.

Otro problema presentado es que en la enseñanza de la Química no se presentan los problemas que originaron la construcción del conocimiento científico “ya que se transmite una visión aproblemática y ahistórica de la actividad científica olvidando que la ciencia es un medio para explicar la realidad, una herramienta para resolver problemas y no un fin por sí misma”. (Furió, 2006, p.225).

Un dato más, la enseñanza de la química por el docente no muestra la forma de cómo se utiliza la química en el mundo real, en la industria, en la investigación, etc., ya que se presenta como teoría vacía y no la manera en cómo un científico plantea y resuelve problemas reales (Furió, 2006); en otras palabras, recurre a problemas de libro de texto que en la vida real son atípicos.

Por lo tanto, es necesario transformar la enseñanza, una nueva reingeniería de lo que es y significa enseñar en esta nueva sociedad, desde los tres componentes sistémicos del aprendizaje, el valorativo (qué), el epistemológico (cómo) y el ontológico (dónde).

1.2 Problemática en la enseñanza de la química en el nivel universitario

El problema se puede definir como el resultado de observar una situación inicial, actual o en desarrollo, que se aprecia como negativa por la pobreza de resultados obtenidos hasta el momento de la observación, y que puede enmendarse, mejorarse o inclusive, reconstruirse, mediante la implementación de un proyecto social de intervención buscando que los beneficiarios sean los propios afectados (Román, 1999).

Existe una problemática detectada en la enseñanza de la química en los primeros semestres con los estudiantes de ingeniería química y carreras afines en el ITESO, ya que, al llegar a semestres más avanzados, muestran una carencia de bases sólidas químicas en asignaturas de química aplicada hacia la ingeniería y/o tecnología. Esto se menciona porque han sido las premisas discutidas de manera recurrente, en reuniones de academia con docentes de materias posteriores y que están seriadas a la química de los primeros semestres. Tomando la definición de problema de Román (1999), esta carencia se puede abordar como un problema que requiere una intervención.

El problema inicial identificado es el “Bajo nivel de aprendizaje en los estudiantes universitarios de la asignatura de química”. Las causas de este problema pueden ser las siguientes:

- I. Se percibe la química como una asignatura de relleno al programa académico de la carrera, porque se imparte sin darle un enfoque aplicado a las ingenierías.
- II. Los procesos de enseñanza no se vinculan con la realidad profesional. Se presentan como conocimientos teóricos descontextualizados carentes de significado para el estudiante.

- III. Se ofrece un nivel de complejidad y exigencia en los primeros semestres de universidad similar al del bachillerato, lo cual no favorece el crecimiento en complejidad del conocimiento en los alumnos.
- IV. No se le invita al alumno a pensar, a decidir, a planear estrategias y ponerlas en acción. Se le dan tantas facilidades hechas por el maestro a los alumnos – formularios, guías de práctica, listado de equipo de laboratorio a utilizar, resultados antes de la experimentación, problemas de libros de texto y no de la vida real o cotidiana, aceptar tareas extemporáneas con menor calificación, concesiones de calificación mediante trabajos adicionales o repetir exámenes, tareas no retadoras, se le apuesta más a lo memorístico que a la comprensión, etc. – (Jiménez Pierre, C.O et al., 2007).

Algunos de los efectos inmediatos de este problema son ausentismo alto, promedio del grupo bajo, porcentaje alto de alumnos reprobados.

En 21 años de estancia en el ITESO en la labor docente asignada al autor, se ha impartido la cátedra de química general para primero y segundo semestre de las carreras de ingeniería mecánica, química y sus derivaciones (ambiental, alimentos, etc.), obteniendo los resultados semejantes a los mencionados por Jiménez Pierre, C.O et al. (2007). En la tabla 1 se presentan los obtenidos de la cátedra del autor desde 2008 hasta el 2014, presentando resultados anuales, y al final, se incluye un promedio como indicador global del desempeño logrado en este periodo de tiempo – 14 semestres incluidos –.

Se puede apreciar que, con un promedio de 48 sesiones por semestre, se tiene un ausentismo bajo menor al 12% que, a juicio del autor, no debe minimizarse. A pesar de que los alumnos sí asisten a clase, los resultados en aprovechamiento son pobres, presentando un índice de reprobación cercano al 43%. En esta tabla se incluyen resultados de alumnos de primero y segundo semestre de las asignaturas, química general I y II, química I para nutrición y química para industriales (García-Sánchez, 2008).

Tabla 1. Resumen de resultados de cátedra en ITESO desde 2008 al 2014, obtenidos de las asignaturas química I y química II para alumnos de diversas ingenierías

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio del periodo
Población total de alumnos	18.80	17.33	13.00	17.00	15.00	17.50	15.50	16.30
Porcentaje de asistencia	94.06%	88.23%	82.44%	88.68%	93.19%	83.28%	88.34%	88.32%
Porcentaje de ausentismo	5.94%	11.77%	17.56%	11.32%	6.81%	16.73%	11.67%	11.68%
Promedio grupo (con base 10)	6.05	5.38	4.72	6.17	5.76	4.94	6.05	5.58
Alumnos reprobados	6.20	10.00	7.00	4.33	5.60	8.50	5.75	6.77
Porcentaje de reprobación	33.75%	56.35%	53.85%	26.05%	38.08%	49.02%	41.70%	42.68%

En la figura 2 se muestran los datos de la tabla 1; el índice de reprobación es parte del problema detectado y abordado en este documento.

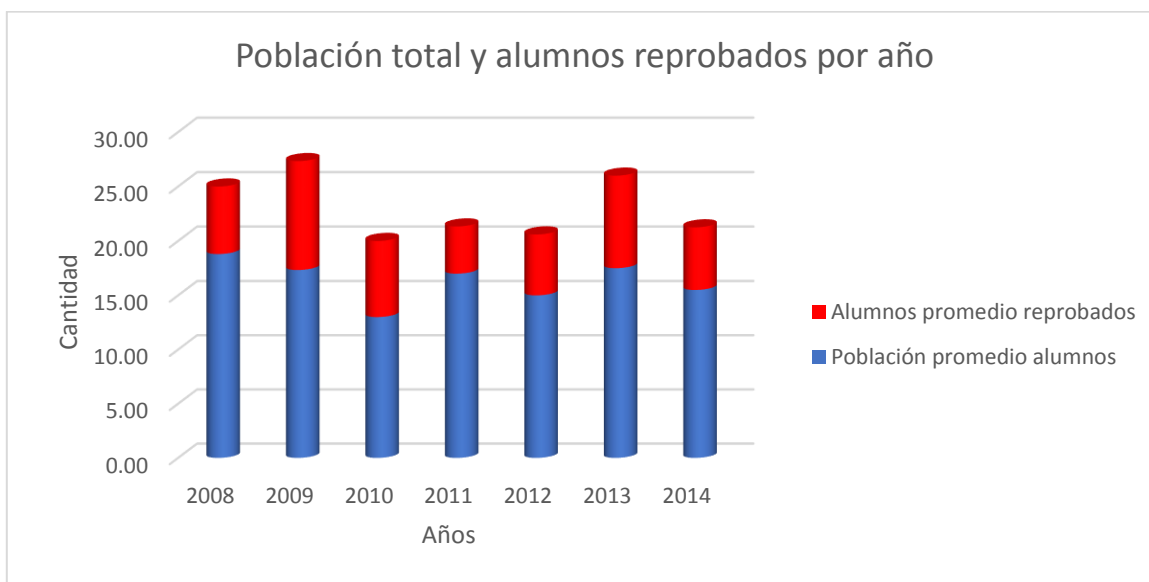


Figura 2 Población promedio de alumnos de química en ITESO y cantidad de reprobados

1.2.1 Resultados de una metodología innovadora que funciona

Continuando con el análisis de resultados descrito en la sección anterior, desde el semestre de primavera 2015, el autor de este proyecto decidió hacer un cambio importante en la metodología utilizada para la enseñanza de la química. En la tabla 2 se consignan los resultados obtenidos en los primeros cinco años de haber implementado esta metodología. Si se observan ambas tablas (1 y 2) se puede notar un nivel de mejoría interesante ya que, por ejemplo, si se observa la columna promedio del periodo, se lee un aumento en la población del 9.82%, indicando esto que los alumnos han recomendado el tomar el curso con esta metodología a sus compañeros; el ausentismo bajo un 68.49%, implicando que aumentó la asiduidad a participar de la clase. El promedio del grupo aumentó de 5.58 a 7.50 mejorando considerablemente los resultados obtenidos por los alumnos – 34.4% de incremento – y, por ende, el índice de reprobación cayó de 6.77 alumnos reprobados por año a 0.7 – representa una disminución del 89.7% –. Por consiguiente, el porcentaje de reprobación cayó del 42.68 al 4.02%, resultado muy importante por lo que representa – indica una disminución de 90.6% –; lo interesante es haber logrado estos números y haber mantenido el nivel de exigencia académica igual antes y después del experimento.

Tabla 2 Resumen de resultados de cátedra en ITESO desde 2015 a 2019, obtenidos de las asignaturas química I y química II para alumnos de diversas ingenierías

Año	2015	2016	2017	2018	2019	Promedio del periodo
Total de alumnos	17.0	20.5	18.4	17.3	16.5	17.9
% asistencia	95.37%	95.04%	96.21%	96.05%	98.42%	96.22%
% ausentismo	4.63%	4.96%	3.79%	3.95%	1.59%	3.78%
promedio grupo	7.7	7.8	7.2	7.2	7.3	7.5
reprobados	0.0	0.5	1.0	1.6	0.5	0.7
% reprobación	0.00%	2.50%	5.65%	9.93%	2.38%	4.09%

En la figura 3 se muestran los datos de la tabla 2, resultados de la intervención realizada a la cátedra, siendo este el periodo en el cual se implementó esta metodología. Los resultados

llaman la atención, por los abatimientos del índice de ausentismo y de reprobación, por el aumento en el promedio general del grupo y en el tamaño de la población estudiantil.

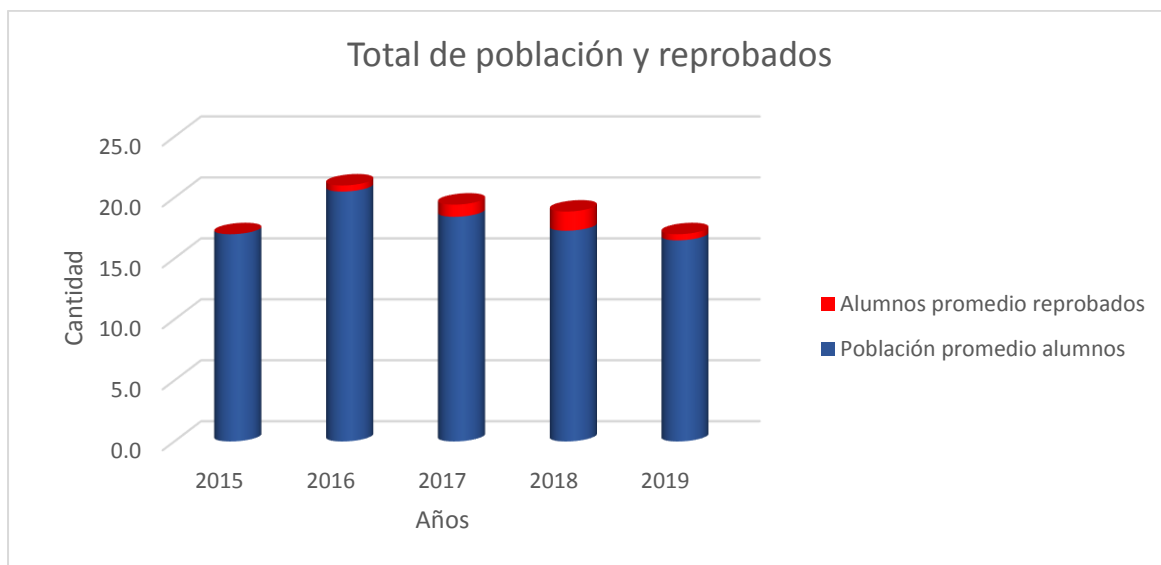


Figura 3 Población total de alumnos y de reprobados después de la innovación.

En la figura 4 se muestran los datos compilados de las tablas 1 y 2, de las figuras 2 y 3, para efectuar el comparativo global del periodo de 11.5 años de cátedra. Se puede observar que el índice de reprobación refleja una disminución a lo largo de los diez semestres del experimento con respecto a los años anteriores. Los números reflejan que el esfuerzo por mejorar la práctica educativa tiene resultados medibles, no subjetivos, sino objetivos y reales. Esta información se obtuvo del análisis particular de cada curso, de las listas de asistencia y concentrado de calificaciones de 47 grupos, información que existe en el acervo del autor y que puede ser corroborada, de ser requerido.

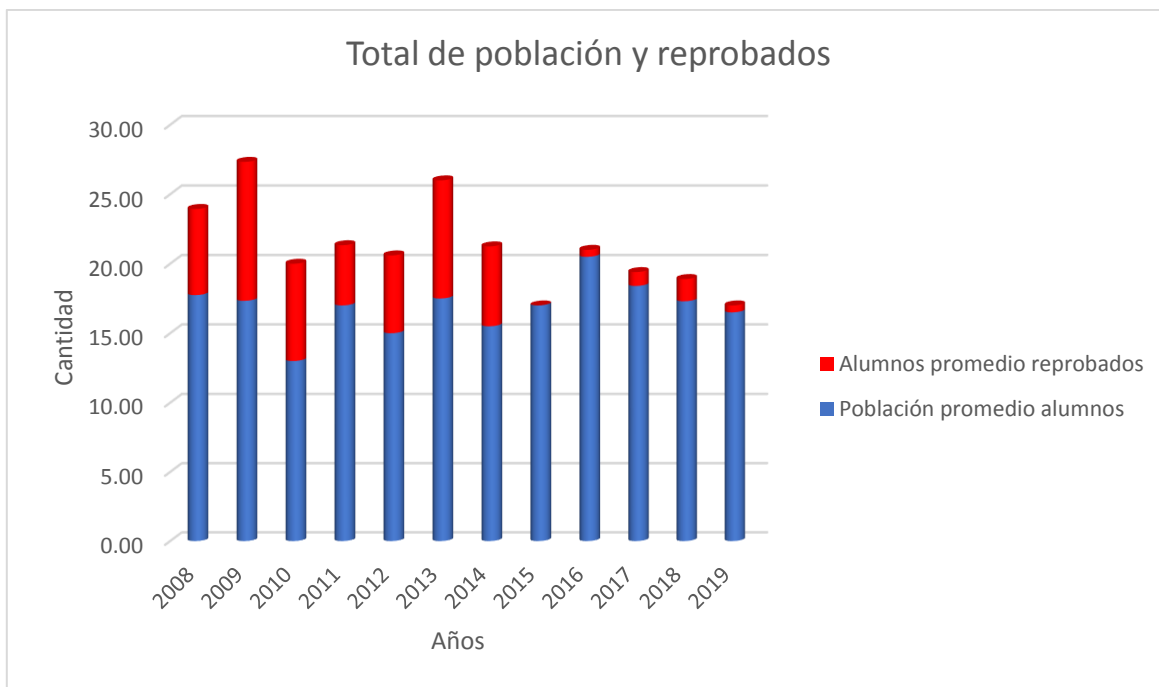


Figura 4 Población promedio de alumnos de química en ITESO y cantidad de reprobados

En la figura 5 se presentan los índices (porcentajes) recabados desde primavera de 2008 hasta el verano de 2019 para la asistencia a clases, para el ausentismo y para el índice de reprobación. También se presentan las líneas tendencias de cada uno de estos índices para observar el comportamiento de cada indicador con respecto al tiempo de la experimentación.

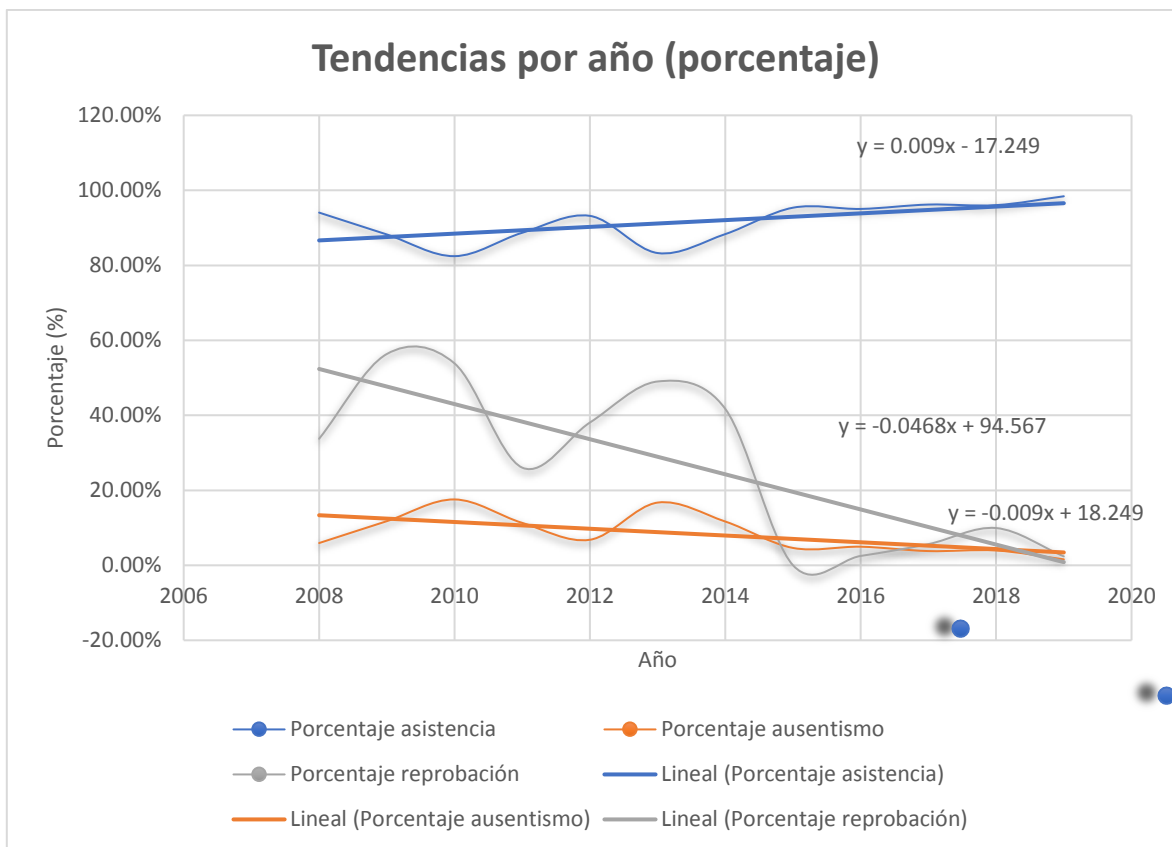


Figura 5 Tendencias de los tres índices representativos de la respuesta del alumno hacia el curso

Las tendencias muestran una disminución drástica en el índice de reprobación y en el ausentismo a clase; un aumento del índice de asistencia con respecto al 2008, indicando estos comportamientos un reflejo de la aceptación de la cátedra por parte del alumnado.

1.2.2 Problemática: metodología no sistematizada

Con los resultados expuestos se demuestra que el cambio de metodología de enseñanza de la química ejecutado por el autor generó mejores resultados. El problema radica en que esta metodología no se encuentra sistematizada, se encuentra en un nivel tácito, por lo que todo el conocimiento y experiencias acumulado, – prácticas de laboratorio, investigaciones, casos de estudio, abordaje de problemas, ejercicios evaluativos – no se puede compartir y está en grave riesgo de perderse.

Por esta razón, la necesidad central de esta intervención educativa es la sistematización de la práctica de enseñanza del docente para poder implementarse como una metodología

exitosa, y que pueda ser compartida con otros docentes que quieran innovar en su práctica educativa.

Para determinar con mayor claridad el problema, se utilizó la técnica del Árbol de problemas, que es una técnica analítica, gráfica, metodológica, que permite visualizar un problema social que, tal vez por estar implícito, no es visible y, por ende, no se resuelve. Esta técnica además permite conocer las causas y sus efectos, y comprender la relación que existe entre ambas (Román, 1999).

En la figura 6 se muestra el árbol del problema identificado. Como causas se determinaron las siguientes:

- Metodología de enseñanza del autor no sistematizada
 - Se tiene solo como conocimiento tácito
 - Se tiene una serie de prácticas que no están organizadas
 - Apuntes de clase y experiencias dispersos
 - Falta de fundamentos teóricos explícitos sobre las estrategias empleadas

Los efectos posibles de no atenderse el problema ni sus causas son:

- Continuar con la metodología tradicional de enseñanza
- La metodología no podría ser compartida ni aceptada por otros docentes por carecer de fundamento teórico
- Experiencias educativas acumuladas que no pueden ser puestas a prueba o replicadas por otros docentes o academia
- Metodología de enseñanza en riesgo de perderse
- Metodología no susceptible de mejora al no estar explicitada

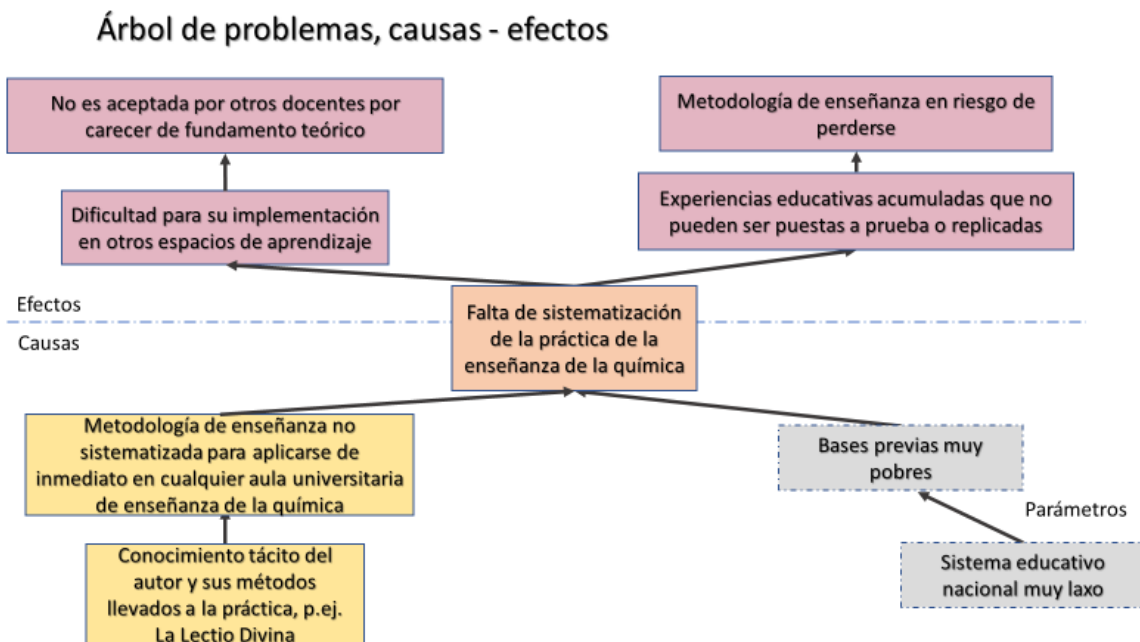


Figura 6 Árbol de problemas (material del autor, 2020)

1.3 Mapa del conocimiento

El primer paso para llevar a cabo un proyecto es realizar un inventario o mapa del conocimiento y recursos existentes en la organización. El mapa del conocimiento es una herramienta visual que le da significado al aprendizaje, y brinda un camino para realizar la gestión del conocimiento, ya que permite localizar el conocimiento y el estado en el que este se encuentra (d'Alós-Moner, 2003). Este es un punto de apoyo sólido para la toma de decisiones, para definir estrategias de uso mejorado y adecuado del conocimiento, y para cumplir en tiempo y forma, con metas fijadas, dando valor agregado a estos logros y sirviendo como ventaja competitiva de la organización. La universidad debe hoy en día contar con metodologías y procesos que permitan identificar, transferir, compartir y utilizar el conocimiento, logrando democratizar el uso de este con un alcance social mayor (Ramírez, 2014).

El propósito de este proyecto es sistematizar la metodología de enseñanza de la química empleada por el autor de este trabajo, con la finalidad de hacer explícito este conocimiento y pueda ser compartido con otros docentes que quieran innovar su práctica educativa.

Para ello es necesario definir el conocimiento necesario para lograr ese propósito, y hacer un mapa del conocimiento existente que sea relevante para mejorar los procesos de enseñanza de la química en las carreras de ingeniería. Estas carreras se encuentran adscritas

al Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales (DPTI) cuyo objeto de estudio son las ciencias aplicadas y la tecnología enfocada en transformar los recursos naturales en beneficio de la humanidad y del planeta (ITESO, s.f.).

El DPTI en su página institucional publica tanto la misión como la visión y el objeto de estudio, alineados a la filosofía educativa del ITESO siendo estos:

Misión:

Colaborar en la formación de ingenieros competentes, con elevada calidad humana, en los campos del saber de las ciencias, tecnologías y metodologías para la transformación de la materia, la energía y los recursos biológicos, para la administración de la producción industrial y para la protección y la gestión ambientales, mediante la búsqueda, generación y reproducción de conocimientos y experiencias, orientados al bienestar social y desarrollo económico de la comunidad (Departamento de Procesos, s.f.).

Visión:

Ser líderes regionales en la formación de ingenieros de acuerdo con nuestra misión, contando para ello con los profesores más altamente capacitados y con infraestructura actualizada en cada una de las disciplinas que manejamos y desarrollando nuestro trabajo dentro del marco de las Orientaciones Fundamentales del ITESO (Departamento de Procesos, s.f.).

Se cuenta con guías de aprendizaje elaboradas por cada profesor cimentadas en el modelo educativo del ITESO (MEI), modelo a seguir por todos los profesores que laboren en la institución. En esta guía están asentados los tres objetivos de la institución, los objetivos de la asignatura, las competencias que deben promoverse en la enseñanza, el alcance académico que se cubre en el curso, el reglamento del curso, los lineamientos de evaluación y la bibliografía del curso. Aunque cada profesor está en libertad de enriquecer este documento promoviendo la libertad de cátedra, si debe seguir criterios que se han tratado de homologar, para que el estudiante no sienta una diferenciación que luego asocia hacia una “complicación” del profesor y del curso.

Para este efecto, se han estado desarrollando diversas herramientas de apoyo a curso, tanto para los estudiantes como para la academia colegiada de la materia con la finalidad de hacer explícito el conocimiento tácito de cada profesor. Algunas herramientas son:

- Página de soporte al curso en la plataforma institucional basada en CANVAS. En algunos cursos existe una página por curso que engloba a más de un profesor, mientras que en otros cursos (como las asignaturas de química) existe una página por profesor cuyo instrumento homologador debiera ser la guía de aprendizaje mencionada líneas arriba. Esta es una página repositorio de documentos multimedia, cuidando y respetando los derechos de autor, que permiten al alumno sustentar de una mejor manera su proceso de aprendizaje (<https://iteso.instructure.com>).
- Página de seguimiento del curso a nivel coordinador de carrera, de UAB –unidad académica básica –, de la academia propiamente. En esta página se deben subir los documentos de seguimiento del curso -exámenes, tareas, reportes, casos de estudio, etc.- antes, durante y al final de este. Se encuentran aquí documentos como la guía de aprendizaje, elementos de seguimiento durante el curso -principalmente los exitosos-, las evaluaciones al curso hechas por los alumnos, las autoevaluaciones del profesor, etc., cada una con posibilidad de comentar para retroalimentar por parte del coordinador. La página es: <https://valoracion.iteso.mx/>
- Página institucional de calificaciones. En esta página al final de periodo escolar se captura el número final alcanzado por el estudiante, reflejo de su aprovechamiento. La escala de captura es de cinco (5) a diez (10) sin decimales. Esta página permite hacer explícito al alumno la nota final alcanzada, y debe ser visible a él, 24 a 48 horas posteriores a la finalización del curso a través de la extranet del ITESO. La página es <https://calificaciones.iteso.mx>
- Herramientas basadas en Microsoft 365 para compartir, almacenar, realizar juntas virtuales, clases en línea, seguimiento, correo electrónico, etc., documentos *stand-alone* o colaborativos, etc. Esta es una tecnología de información (TIC's) basada en trabajar en “la nube”, de amplia capacidad de almacenamiento y accesibilidad a documentos. Algunos ejemplos son: Outlook, Office, Teams, One Drive, One Note, Sharepoint, Sway, Yammer, Flow, etc. En esto se utilizan los conceptos de tecnologías de información de Intranet y

Extranet, todas ellas basadas en Internet y bajo protocolo TCP/IP. La página es <https://www.office.com/>

- Libro de texto en línea bajo el concepto de *e-learning* (Zumdahl et al., 2020) desarrollado por la editorial Cengage, para apoyar la labor docente y la homologación de esta. La página es: <https://account.cengage.com/>
- Página dedicada al laboratorio de química, en la cual además de llevar la logística del uso de espacios, materiales y reactivos, busca la homologación de la enseñanza práctica de la química, y organiza la investigación científica tanto de alumnos como de profesores. La página es: <https://www.labdequimicaiteso.mx/>

Además, se tiene el apoyo bibliográfico del libro de texto (Chang, R, 2005), el cual se somete a discusión su permanencia o cambio, basándose en la opinión experta de los profesores de la asignatura, sus experiencias en el grupo, y del acopio del libro o de posibles cambios de parte de la editorial.

El departamento cuenta con un repositorio de documentos en el que se ha concentrado y coleccionado, tesis y artículos publicados (arbitrados y no arbitrados) elaborados por alumnos, por investigadores del departamento, por profesores de otras universidades, por instituciones de investigación científica, etc. Este repositorio tiene acceso público a través de la página en internet del repositorio institucional del ITESO siendo su dirección electrónica: <https://rei.iteso.mx/>.

Con respecto a la academia de química, se tiene un equipo de siete profesores de las asignaturas basadas en química, además de 30 profesores que utilizan los laboratorios de PTI, con un coordinador de la academia. Se pretende a nivel colegiado, homologar actividades, manejar objetivos comunes, logros estandarizados, avances similares en el plan de estudios, prácticas de laboratorio, etc. Esta tarea es difícil de lograr a nivel academia, ya que cada grupo de alumnos es tan similar y a la vez tan diferente, que se logran resultados desiguales en alcance total.

Con respecto al conocimiento tácito que tiene el colegio de profesores, todos tienen experiencia en la ciencia con diversas carreras afines, y diferentes niveles profesionales, desde licenciatura, maestría, doctorado, etc. La gran mayoría cuenta con experiencia docente de varios años frente a grupos de estudiantes universitarios, y muchos, además laboran en preparatorias, inclusive en secundaria.

Una carencia importante es que la gran mayoría de los docentes no cuenta con experiencia industrial. Esta carencia es muy importante ya que está en oposición a la misión del departamento, sobre todo donde versa “...Colaborar en la formación de ingenieros competentes, con elevada calidad humana, en los campos del saber de las ciencias, tecnologías y metodologías para la transformación de la materia, la energía y los recursos...” (Departamento de Procesos, s.f.), por lo que este conocimiento es muy importante explicitarlo para que cada docente que imparta la asignatura de química en el ITESO, contextualice el conocimiento químico como ciencia, aplicado a la tecnología y metodología de transformación, de investigación científica, de uso responsable y ético, siguiendo las orientaciones fundamentales del ITESO (ITESO, 2017).

1.4 Objetivos

El realizar una intervención para innovar en la práctica de la enseñanza de la química para estudiantes de las carreras profesionales de ingeniería química y afines a esta en el ITESO, requiere el planteamiento de una hipótesis de acción, la cual es “la idea inteligente para mejorar la práctica, pero no es la solución al problema” (McKernan, 1999).

La hipótesis de acción propuesta para esta intervención es:

Al sistematizar la metodología de enseñanza de la química del autor materializando el conocimiento tácito en explícito, el modelo podrá ser utilizado por cualquier docente que desee innovar su práctica de enseñanza de la química, y así obtener mejores resultados en el aprendizaje y, por ende, en la evaluación.

Con base en lo anterior se presenta el árbol de objetivos (R. Martínez y Fernández, s.f.) en la figura 7, basado en el árbol de problemas previamente expuesto (figura 6). Se incluye en el árbol:

Objetivo: *Sistematizar y materializar la práctica educativa de enseñanza de la química y sus fundamentos para ponerlo al alcance de otros docentes y logren mejores resultados en el aprendizaje de los alumnos.*

Los medios contemplados para cumplir el objetivo mencionado son los siguientes:

- Convertir el conocimiento tácito a explícito, materializándolo en un manual.
 - Explicitar los procesos de enseñanza mediante: video grabaciones, explicitación escrita de las actividades, prácticas de laboratorio, mediaciones

realizadas en clase., análisis de las sesiones, evaluación de los estudiantes, observación por compañeros....

- Evaluaciones de diagnóstico, asesorías extra-clase
- Hacer registros sistemáticos de su práctica educativa
- Explicitar los recursos empleados por el autor
- Identificar las mejores prácticas y estrategias
- Fundamentar teóricamente las estrategias empleadas
- Integrar las estrategias en una propuesta de trabajo

Los fines que se pueden alcanzar con esta innovación son:

- Conservar y mejorar el conocimiento sobre la enseñanza de la química del profesor.
- El alumno descubre la importancia y la aplicación de la química en su carrera, se involucra más en ella al ponerla en acción de inmediato.
- El alumno logra mejorar su aprendizaje, su aprovechamiento y las notas obtenidas.
- El alumno descubre y se involucra en el autoaprendizaje

Árbol de objetivos, medios - fines

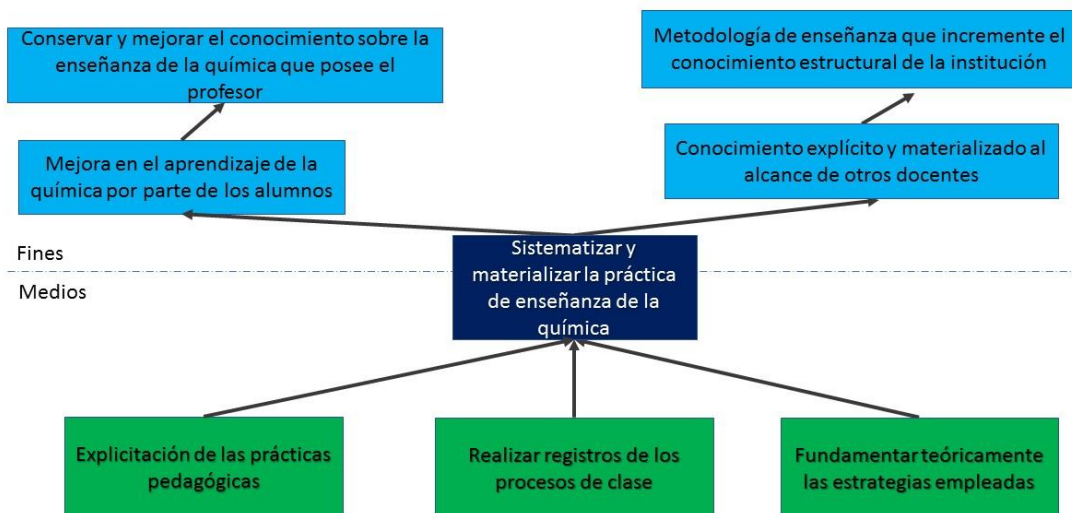


Figura 7 Árbol de objetivos-medios-fines (material del autor, 2020)

Capítulo II. Revisión de la literatura

“Nuestro conocimiento científico es muy grande en comparación con lo que sabíamos hace cien años, pero es trivial comparado con lo que hay aún por saber. El mapa de la tierra solía tener en ella muchos espacios grandes en blanco marcados como ‘sin explorar’. Ahora hay muy pocos de ellos” (Millikan, R citado en Dimitrov e Ibañez-Cornejo, 2004, p.52)

En este capítulo se presenta la revisión de la literatura realizada para darle un fundamento teórico a cada uno de los pasos utilizados en la práctica educativa del autor. En primera instancia se presenta una revisión exhaustiva de experiencias de enseñanza basadas en las estrategias que el autor emplea en su práctica. Esta primera sección correspondería a una revisión de experiencias relacionadas con la enseñanza de la química.

En la segunda sección se presenta el marco teórico sobre el cual se sustenta la práctica educativa. La primera parte de esta revisión de la teoría se sitúa en la Lectio Divina como herramienta de lectura reflexiva y activa, base de la propuesta. Posteriormente se presenta el constructivismo en donde se aborda a Piaget y Vygotsky, para continuar con el aprendizaje basado en retos (ABR), con Jerome Bruner y su aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje por el asombro, para terminar con la revisión teórica del modelo de gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi.

2.1 Acercamiento a la enseñanza de la química: revisión de experiencias

La enseñanza de la química es un reto para los profesores de nivel medio superior y universitarios. Existen diversos abordajes didácticos para hacer más eficiente su enseñanza, pero en el caso particular de este trabajo el interés está centrado en sistematizar la práctica educativa del autor donde se ha estado utilizando como uno de los andamiajes de esta, la Lectio Divina. En este apartado del documento se presenta la revisión de experiencias de uso de los diversos procesos de enseñanza-aprendizaje utilizados por el autor.

Núñez-Coba y Escobar-Lorenzo (2017) se acercan al estado actual del aprendizaje de la química en la formación del ingeniero, y para ello desarrollaron una evaluación. Al término de esta, reportaron los siguientes resultados: de 28 estudiantes evaluados el 28.57% (8 estudiantes) obtienen la calificación de 4 de 5; el 57.14% (16) obtienen 3 de 5 y 10.71% obtienen 2 de 5, una cifra muy parecida a la mencionada por Hylton et al. (2016) y a la

encontrada por el autor en el aula. Al buscar la causa de esta insuficiencia llegaron a tres conclusiones:

- a) el estudiante presenta insuficiente dedicación al estudio en sentido general,
- b) insuficiente base de conocimiento en relación con la química recibida en la educación media superior y,
- c) dificultad en los métodos de estudio-enseñanza empleados en su educación previa.

Según estos autores, los hallazgos de los estudios revisados establecen que el docente debe estar en constante capacitación para perfeccionarse en estrategias didácticas y educativas para lograr “una mayor consagración de los estudiantes al estudio de la química y al amor por la profesión que han elegido” (Núñez-Coba y Escobar-Lorenzo, 2017, p.265).

Los estudios revisados concluyen que el docente:

- juega un papel importante en actuar como líder del grupo (Hylton et al., 2016),
- debe estar en constante actualización para saber cómo hacer interesante la ciencia y la alfabetización científica (Martínez et al., 2018), (Núñez-Coba y Escobar-Lorenzo, 2017),
- debe conocer a fondo el grupo de estudiantes que tiene, identificando a tiempo a los que se consideran con baja preparación para poder ofrecer un apoyo adicional, recurso solicitado por este tipo de estudiantes como necesario para mejorar su rendimiento (Hesser y Gregory, 2016)

Furió Más, C. J. (2006) menciona algunos errores que se cometen en la enseñanza de la química que abonan a lograr tanto la desmotivación del estudiante, como el que no logre engancharse en este maravilloso conocimiento. Menciona que “la enseñanza de la Química ignora, en particular, las interacciones CTS -Ciencia, Tecnología y Sociedad- asociadas a la construcción de conocimientos” (Furió, 2006, p.224), haciendo énfasis en que si se presenta el contenido relacionado con problemas sociales en donde se utilice el conocimiento químico aplicado a resolver estos problemas, tendrá mejor sentido hacia el estudiante que si solo lo ve desde afuera con un contenido vacío.

2.1.1 Experiencias de enseñanza

En el capítulo uno de este documento, se mencionan desde el contexto los problemas que enfrenta el estudiante de la química con una óptica ajena a su carrera. Núñez-Coba y

Escobar-Lorenzo, (2017) estudiando el aprovechamiento de los alumnos de ingeniería agrícola en la asignatura de química, detectaron que los principales rubros en donde el aprendizaje se ve mermado, son en los temas de cálculos estequiométricos en determinaciones cuantitativas, desarrollo de habilidades experimentales, interpretación de datos obtenidos en el campo/laboratorio, nomenclatura, reportes técnicos y encontrar aplicaciones específicas y reales de la química en su carrera. Las causas de este bajo aprovechamiento son resultado de viejos hábitos heredados desde la educación media y media universitaria, esto es insuficiente dedicación al estudio en general, una pobre base cognoscitiva de química con la que llega a su etapa universitaria y dificultades en los métodos de estudio previamente utilizados (Núñez-Coba y Escobar-Lorenzo, 2017).

Después de abordar y evaluar el curso ya con un sentido ad-hoc a su carrera agrícola y pecuaria, la cantidad de alumnos que mejoraron en sus evaluaciones y en el aprendizaje logrado, aumentó considerablemente con respecto al diagnóstico previo antes de este cambio de enfoque. Resultados muy favorables con el simple hecho de haber cambiado la enseñanza de la química hacia la comprensión desde su carrera agropecuaria.

En otro estudio realizado con estudiantes de nutrición, Hylton et al. (2016) da cuenta de los resultados bajos de aprovechamiento de la química en los primeros semestres de la carrera, y esto es debido a la falta de comprensión y sentido que el alumno va construyendo sobre la relación de esta ciencia con su carrera en específico. Se observó que cuando se le permite al alumno interactuar en pequeños grupos con el material presentado, promoviendo la internalización que menciona Vygotsky (Wertsch, 1988), con diferentes estrategias de acuerdo a los diferentes estilos de aprendizaje, los resultados mejoran debido a que se le permite al estudiante la comprensión y la construcción personal del sentido. En conclusión, es necesario reorganizar la manera de cómo se enseña (Hylton et al., 2016).

García-Argüelles et al. (2018) encontraron que el objetivo principal de la química para los alumnos de ingeniería mecánica, es el de proporcionar conocimientos de la profesión relacionados con la adquisición y desarrollo de habilidades de la actividad práctico-experimental de las ciencias básicas; el problema que se presenta es que los alumnos de ingeniería mecánica muestran desinterés hacia esta asignatura, ya que el enfoque que se le da desde el currículo universitario hasta el mismo docente, es el de relacionar las actividades profesionales con ejemplos que abonan a la enseñanza de la química por sí misma, sin crear lazos de unión a aplicaciones de esta en la ingeniería mecánica; en otras palabras, una enseñanza situada en la asignatura y no en el alumno. Un ingeniero debe ser

un profesional que pueda aprender por sí mismo *“con una visión integral, con capacidad para trabajar en equipo con profesionales de otras áreas del conocimiento, capaz de manejar la diversidad de recursos humanos y materiales, de organizarlos y utilizarlos de manera eficiente”* (García-Argüelles et al., 2018).

Para solucionar este problema presentaron e implementaron en su estudio, una metodología experimental situada en aplicaciones reales de casos concretos de la ingeniería mecánica, y después de haber implementado este método, se incrementó la preparación teórica y metodológica de los docentes en la elaboración de actividades experimentales profesionalizadas de química en la ingeniería mecánica. Contribuyeron al desarrollo de habilidades experimentales, e incrementaron la motivación por la solución de problemas profesionales y profundización teórica (García-Argüelles et al., 2018).

Yera Quintana (2009) al estudiar a nivel preuniversitario en Cuba, las dificultades que se presentan en el proceso de aprendizaje de química que atentan contra la preparación del individuo para enfrentar problemas ya como profesionista, caracterizaron varias estrategias de aprendizaje en la práctica pedagógica de la enseñanza de la química para aumentar la eficacia de esta. Estas estrategias se pueden resumir en: 1) análisis del programa de química seleccionando los conceptos que se priorizarán, 2) determinar los criterios que se convertirán en habilidades demostrando el aprendizaje, 3) diseño y aplicación de evaluaciones y entrevistas que comprueban este aprendizaje, 4) análisis de los resultados obtenidos y caracterización de las estrategias (Yera Quintana, 2009).

El cambio de estrategia de enseñanza, buscar que conceptos se conviertan en criterios y terminen como habilidades adquiridas por parte del estudiante, cambiar las prácticas de enseñanza por experiencias basadas en la óptica de la carrera de los alumnos, inclusive el rediseño del programa de enseñanza, son acciones que pueden promover la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje de la química, desde el nivel de educación media hasta la educación universitaria. Por ejemplo, mediante el diseño de diversos juegos lúdicos aplicados para la enseñanza de la química en el octavo grado de secundaria básica – seis didácticos (sudoku químico, monopolio de saberes, juego de cartas, formar palabras, tres en raya y juego en parejas) y siete por software – aplicados durante todo el año escolar en Santiago de Cuba, Plutin-Pacheco y García-López (2016) demostraron un aumento en los promedios grupales discreto pero notorio, al promover el trabajo colaborativo entre alumnos e incrementar el aprendizaje significativo, y al aceptar por parte de grupo los

juegos presentados, aumentó la motivación por la química en el grupo (Plutin-Pacheco y García-López, 2016).

Una de las estrategias en la enseñanza de la química práctica en el laboratorio que aparentemente tiende al olvido, es permitir que el alumno falle en las decisiones experimentales, y que aprenda de sus errores – bajo la guía de su docente (Alvarez-Herrero, 2019) –. Lamentablemente sigue arraigada esa costumbre que ha ido generalizándose en darle al alumno previo a la sesión, un manual de la práctica en donde viene todo el material y el procedimiento que debe seguir; esta técnica impide que el alumno aprenda a tomar decisiones, que falle y aprenda de sus errores, que aprenda a pensar de manera práctica, que aprenda del uso del material, equipos y reactivos.

Basulto Lemus (2009) propone que para el control de dichos errores y para que esta experiencia se convierta en una de aprendizaje, propone la utilización de diagramas de causa-efecto y específicamente, el tipo Espina de Pescado. Esta propuesta se basa en que el uso de esta metodología permitirá en el estudiante que pueda determinar las posibles causas de sus errores experimentales, brindándole una oportunidad de cultivar sus habilidades para controlar y aprender sobre su desempeño experimental, lo que se conoce como el “aprender a aprender” (Basulto Lemus, 2009).

Ramírez Jiménez et al. (2009) aplicando el paradigma sociocultural de Vygotsky en alumnos de preparatoria de la Universidad de Chapingo, específicamente en el tema de proteínas, diseñó una serie de actividades, desde la revisión bibliográfica previa al tema, elaboración de apuntes, preparación de material didáctico, elaboración de las conclusiones y evaluación del conocimiento adquirido y del trabajo en equipo. Esta investigación inició desde el lograr que el docente cambiara su práctica educativa tradicional para convertirse en el coordinador del proceso y de facilitador, para lograr que el alumno tuviera una participación en este experimento pedagógico.

Al ceder la voz al alumno en el aula, el ambiente educativo cambia a favor de la reflexión y la discusión, motivando a los involucrados en este proceso (Ramírez Jiménez et al., 2009). La presentación del material del tema a desarrollar manejó desde el contexto nanoscópico de una molécula pasando al microscópico de la proteína, hasta llegar a la aplicación en el crecimiento de un plantío, el alumno construye el significado con la ayuda de su docente y lo sitúa en su futuro profesional como ingeniero agrónomo.

Con la actividad reportada por Ramírez Jiménez et al. (2009), y con los demás estudios mencionados en este apartado, se comprueba la validez que tiene el innovar la práctica educativa desde lo tradicional hasta una basada en la reflexión, comprensión y construcción del significado, motivándose tanto al alumno por lo que obtiene como resultados, como al docente al darle significado sociocultural a su labor en el aula.

2.1.2 Gestión del conocimiento como método pedagógico

Martínez-Villalba y Sánchez-Muñoz (2018) exhortan a la necesidad de generar experiencias significativas basados en proyectos de investigación de problemas reales, para lograr que el estudiante desarrolle competencias que le permitan encontrar soluciones a problemas reales y actuales. En su investigación realizada en alumnos de licenciatura y posgrado inmersos en proyectos de investigación en dos congresos en México, se enfocaron en analizar las competencias que se generan cuando el alumno adquiere experiencias significativas, cuando participan en investigaciones de problemas reales afines a la química y la biología. Para este fin desarrollaron un instrumento de evaluación que reflejara el nivel académico del alumno, la actitud ante un proyecto de investigación, y la detección de habilidades que reflejen el saber – manejo e interpretación de datos –, el saber hacer – habilidades y destrezas – y el saber estar – trabajo en equipo, liderazgo, gestión del conocimiento – (Martínez Villalba y Sánchez Muñoz, 2018).

Entre los resultados que obtienen, cabe destacar que cuando el alumno se encuentra inmerso en un grupo de investigación multidisciplinario, desarrollan competencias técnicas, personales e intelectuales. Otro hallazgo interesante es que el área de estudio es independiente a la gestión del conocimiento, y la química y/o la biología son disciplinas científicas que pueden desarrollar de manera transversal en el alumno, la metodología de investigación, la cual es la base para generar trabajos científicos y para crear centros de investigación institucional y de vinculación a la empresa (Martínez Villalba y Sánchez Muñoz, 2018).

Torres-Coronas (2003) expone resultados positivos de utilizar a la gestión del conocimiento como herramienta docente, en su investigación realizada en alumnos del segundo ciclo de la Universitat Rovira i Virgili. Mediante encuestas elaboradas para conocer la situación inicial desde el punto de vista del alumno, encontró que, en su afán de querer adquirir conocimientos que le representen una mejor oportunidad de vida y desarrollo, los alumnos expresan sus objetivos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Es importante

resaltar que el alumno ya no quiere clases unidireccionales donde el profesor solamente actúa como un instrumento de traslado de información desde su persona al alumno, sino busca participar, profundizar y reciclar conocimiento basado en problemática real y actual.

De las experiencias revisadas en este apartado y de la gestión del conocimiento en la educación mencionada por Torres Coronas (2003), se puede concluir que, cuando se involucra al estudiante con la asignatura desde la carrera profesional que está estudiando y trabajando colaborativamente alumnos y profesor se logra que:

- El conocimiento lo construyen de forma conjunta estudiantes y profesorado.
- Se desarrollan día a día las competencias y los talentos que el alumno aplicará en su vida profesional.
- Se fomenta el aprendizaje cooperativo y la transmisión de conocimiento.
- Se enseña al alumno a aprender.
- Se facilita la reflexión y el desarrollo personal.
- Se fomenta la participación activa del alumno con métodos docentes altamente flexibles (ejercicios experimentales, juegos de rol, discusiones grupales, técnicas creativas), en los que la clase magistral pasa a ser una herramienta residual (Torres Coronas, 2003)

2.2 Marco teórico

Existen diferentes herramientas – técnicas – y propuestas pedagógicas para mejorar el aprendizaje. En este apartado se presenta el marco teórico que le da sustento a la metodología del autor; se abordan la Lectio Divina como herramienta, el constructivismo como corriente teórica, y varias estrategias de aprendizaje relacionadas con el método constructivista: el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje por asombro, el aprendizaje basado en retos (ABR) y el aprendizaje basado en el error (ABE). Todas estas estrategias fomentan el aprendizaje activo en el estudiante.

Finalmente se aborda la Gestión del Conocimiento como marco dentro del cual se desarrolla este proyecto, ya que se trata de un proyecto que pretende dar continuidad al conocimiento construido por el autor de manera experiencial para hacerlo compartible a otros.

2.2.1 Constructivismo

La teoría constructivista está sustentada principalmente en las ideas de Jean Piaget sobre el desarrollo cognitivo de una persona en sus cuatro periodos – recién nacido de 0 a 2 años (periodo sensoriomotor), de 2 a 7 años (preoperacional), de 7 a 12 años (operaciones

concretas) y la adolescencia de 12 años en adelante incluyendo la etapa adulta (periodo de operaciones formales) –, las funciones que intervienen y que son constantes en este desarrollo (Moreno-Miranda, s.f.).

En su teoría del aprendizaje sustentado en bases filosóficas y conceptos básicos importados de la biología Piaget concluyó que el aprendizaje consiste en la reorganización de las estructuras cognitivas que existen en el momento en el que se incorpora nuevo conocimiento, modificando los esquemas mentales a un nuevo nivel de desarrollo. En este desarrollo del nuevo conocimiento establece que se da un equilibrio entre la reflexión teórica y la investigación empírica (Saldarriaga-Zambrano et al., 2016).

Los conceptos básicos principales que Piaget utilizó para construir su teoría del desarrollo cognitivo son: cognición, esquematización, adaptación, asimilación, acomodación, etapas del desarrollo (basado en la biología), cambios cualitativos, periodo sensoriomotor, egocentrismo, permanencia del objeto y reacciones circulares (Moreno-Miranda, s.f.).

Según Díaz-Barriga y Hernández-Rojas (1999) los principios de aprendizaje constructivista son:

- El aprendizaje es un proceso constructivo interno, autoestructurante
- Punto de partida de todo aprendizaje son los conocimientos previos
- El aprendizaje es un proceso de reconstrucción de saberes culturales
- Se facilita gracias a la interacción o mediación con otros
- Implica un proceso de reorganización de esquemas
- Se produce cuando entra en conflicto lo que el alumno ya sabe contra lo que debiera saber

Ortiz-Granja (2015) menciona que el constructivismo en la educación simplemente le brinda al estudiante los insumos, y observa como los trabajan formulando al final sus conclusiones; en resumen, que ellos *van construyendo su conocimiento*. También plantea que lo que en realidad existe es una interacción entre docente y estudiantes, un intercambio dialéctico de conocimiento, siendo este intercambio el aprendizaje significativo.

2.2.2 Lectio Divina

La Lectio Divina es una técnica de lectura reflexiva y activa que data del año 200 D de C. Con esta técnica se invita a después de leer el texto seleccionado, reflexionar sobre el mensaje

recibido esperando que el lector sea atrapado con esta reflexión y lo invite a ponerlo en acción de inmediato. Hasta este momento, no se han encontrado reportados otros casos en los que se haya aplicado esta técnica como herramienta de enseñanza de ciencias exactas. Su campo de estudio originalmente y que hoy en día sigue vigente, es el estudio de la Biblia.

A pesar de ser una técnica antigua – año 200 DdeC (Raguer, 2005) –, existe un interés en su utilización hoy en día. Para comprobar esto se realizó una búsqueda de información sobre la Lectio Divina en la plataforma EBSCO limitando esta búsqueda a publicaciones arbitradas, y a un periodo de búsqueda de 2001 al 2019. Se encontraron 216 publicaciones arbitradas para el periodo seleccionado, con lo que se encontró vigente el interés en esta técnica de lectura reflexiva-activa.

Solo un artículo tiene un acercamiento a las ciencias exactas desde la óptica de ciencias sociales, ética ambiental; 39 publicaciones van hacia la psicología (17), educación (7), y 15 la abordan desde el cómo se concibió, como método de lectura. El resto (176) están relacionados a temas religiosos, y ninguno a las ciencias exactas.

En cuanto a la estructura de la Lectio Divina – mencionada en 127 ocasiones – se encontraron 58 publicaciones en donde específicamente se mencionan los diferentes pasos que conforman esta técnica; la estructura de esta lección que cumple en general, con todas las estructuras mencionadas es la que contempla seis pasos, los cuales son los siguientes:

- I. Lectura (*Lectio*): consiste en leer un tema, un pasaje, una sección del texto, etc., formulándose preguntas el lector para el lector, enseñándose a manejar el texto y a entender el contexto, las palabras, los modelos y las expresiones.
- II. Reflexión (*Reflectio*): en esta parte se le invita al lector a reflexionar sobre su lectura, se recomienda que se pregunte ¿qué quiere decir lo leído? Reflexionar es ver el concepto en la vida diaria, buscando encontrar lo leído en su cotidianidad. Se termina esta etapa sacando conclusiones – lo que se entendió, en donde se ha visto, etc., con sus palabras y no ya las del autor del libro de texto – invitando al lector a apropiarse del conocimiento.
- III. Contemplación (*Meditatio*): en esta parte se le invita a que medite la experiencia que la lectura le despertó, buscando encontrar el entusiasmo, el asombro de encontrar respuestas o explicaciones basadas ya en ciencia, de fenómenos cotidianos

- IV. Oración (*Oratio*): esta parte de la Lectio Divina no se ha aplicado en la enseñanza de la química, por lo que solo se menciona para hacer constar su existencia
- V. Puesta en común (*Collatio*): en esta parte el lector comenta la experiencia de lectura con sus compañeros – colaterales – ejerciéndose en este instante, la intersubjetividad de Vygotsky (Wertsch, 1988) una práctica de enseñanza horizontal, en donde se logra profundizar más en el tema, en compartir experiencias, en una escucha atenta para resolver dudas, para complementar y profundizar la reflexión personal del lector
- VI. Acción (*Actio*): en este paso se busca que el lector la ponga en práctica, siendo este punto en donde encuentra tanto la significación de su aprendizaje y lo sitúa en él mismo y en su entorno. (Abegunde, 2017; Bushlack, 2016; Epple, 2014; Martin, 2011; Nikolay Muskhelishvili, 2015)

La Lectio Divina fue integrada a la pedagogía ignaciana desde Ignacio de Loyola por la manera de lograr una lectura reflexiva que se convierta en acción (Epple, 2014). El Paradigma Pedagógico Ignaciano se muestra en la figura 8 donde se pueden notar los cinco pasos de este y su gran similitud a los pasos enunciados de la Lectio Divina (FLACSI, 2016).



Figura 8 Paradigma Pedagógico Ignaciano (PPI) (FLACSI, 2016)

Este paradigma lo que busca en pocas palabras, es ser una estrategia de cambio para transformar, de forma organizada, los procesos educativos. Es precisamente en esta línea en donde se aplica la Lectio Divina, como punto de partida del cambio, al reconocer la

existencia de problemas en la actividad educativa, tales como situaciones que obstaculizan el cumplimiento de objetivos, que limitan la realización de tareas, que distorsionan las metas, etc. (Delegados de Educación de América Latina, 1995).

La razón de la aplicación de la Lectio Divina en la enseñanza de la química es que es una herramienta útil para enfrentar el conocimiento teórico de la ciencia con la línea de acción del paradigma: “diagnóstico-experiencia-reflexión-acción-evaluación”. Esta acción abona a la construcción del aprendizaje en y por el estudiante, y a una educación centrada en el alumno en la que va descubriendo la verdad por sí mismo (Pérez-Muzuzu et al., 2013), creando lazos de unión entre el estudiante y el objeto que está estudiando, lazos constructivistas que construyen el conocimiento.

La Lectio Divina requiere que el objeto tenga interacción con el sujeto para que este, en su reflexión, pueda comprender lo que obtuvo, y ponerlo en acción de inmediato. El alumno en la Lectio Divina, cuando reflexiona y se le encamina a la comprensión para lograr el asombro en el descubrimiento, él mismo va construyendo su significado, progresando con este avance. En términos de la teoría de la actividad de Engeström (2001), el sujeto al transformar al objeto, se está transformando a sí mismo, entendiendo que la relación que nace entre el sujeto y el objeto por la reflexión, es lo que se le nombra conocimiento (Flores-Jiménez et al., 2013).

En resumen, pensar en el constructivismo como marco teórico y en la Lectio Divina como una herramienta pedagógica, fundamentan la práctica educativa del autor al ser dos pilares de sustento, siendo el estudiante el beneficiario al construir de manera reflexiva y activa, el conocimiento con un significado real hacia su profesión.

2.2.3 Aprendizaje por descubrimiento

Bruner (1969) según Guitart (2009), defiende que toda teoría pedagógica debe incluir cuatro puntos: 1) cómo promover la predisposición hacia el aprendizaje de un estudiante, 2) la manera como debe estructurarse el conocimiento para que el estudiante que lo reciba, pueda interiorizarlo de la manera más efectiva, 3) las acciones más eficientes para que se presente el material al estudiante, y 4) cómo y qué dar como premios y castigos (Guitart, 2009).

Al desarrollar el proyecto M.A.C.O.S. (acrónimo de *Man: a course of study*) en 1966, Bruner documentó que el profesor es el responsable de despertar el interés y la reflexión crítica de

los alumnos para que ellos descubran y aprendan por sí mismos, “las maravillas del lenguaje, la manufactura y utilización de herramientas e instrumentos, la organización social, la cura de enfermedades de las creaturas y la visión del mundo que tienen los diferentes grupos culturales” (Guitart, 2009). Estas son las bases del aprendizaje por descubrimiento, mejor nombrada según el mismo Bruner por Piaget como “aprendizaje por invención” – en la que el instructor debe motivar a los estudiantes para que ellos mismos descubran las relaciones entre conceptos – ya sean cotidianos o científicos como los definiría Vygotsky (Kozulin, 1994) – y vayan construyendo el conocimiento (Guitart, 2009).

Martín (1998) menciona que:

En el desarrollo de su pensamiento, Bruner reconoce la importancia de Piaget (aprendizaje por invención) y de Vygotsky (interacción social) y se mueve desde la perspectiva dentro-fuera (aprendizaje por invención) de Piaget, a la perspectiva fuera-dentro (aprendizaje por apropiación) de Vygotsky. En conclusión, destaca la importancia del descubrimiento, pero enmarcado en un contexto social (Martín, 1998, p.129)

La similitud de este aprendizaje con la Lectio Divina es que es el mismo estudiante el que va leyendo, reflexionando su lectura, y esto le permite llegar a la contemplación – estado de asombro – al descubrimiento, al aprendizaje por uno mismo, logrando un aprendizaje creativo, autorreflexivo, el conocimiento autoconstruido como una estructura estructurante para el estudiante y estructurada por el mismo (López-Feldman, 2019) esencia de la Lectio Divina, una lectura reflexiva que se convierte en práctica activa y en común (Gallager-Etkins, 2019; Martin, 2011).

2.2.4 Aprendizaje por asombro

El asombro lo define Iribas (2021) como *“el sentimiento que ilumina la mente y que le permite al ser humano salir de entre las sombras con respecto a su propia existencia, la del ambiente que lo rodea y la del universo”*. El asombro es una sensación de sorpresa, de extrañeza (ASALE y RAE, s/f). Es un estado en el cual el observar “caer una manzana” es más que la caída, es preguntarse el por qué, el reflexionar sobre este fenómeno y que al final llevo a Newton a formular su teoría de la gravitación universal (*La historia de Newton y la manzana... – Museo de la Ciencia Valladolid, s/f*).

Cuando el estudiante logra asombrarse de algo en específico, en ese momento la figura del profesor se convierte en un soporte, en un socio, ya que el mismo estudiante se adentrará más al conocimiento, para seguir descubriendo y asombrándose. De allí que el asombro como herramienta de aprendizaje, es un catalizador del proceso.

Dobles-Trejos (2014) citando a Einstein "...es un milagro que la curiosidad sobreviva a la educación reglada..." inicia su reporte de dos proyectos-extensión de investigación realizados en la Universidad Nacional de Costa Rica en 2007-2009 y 2010-2012, donde concluye que es labor del docente universitario recuperar la capacidad de asombro en los estudiantes universitarios. Menciona que esta labor coloca

a quien investiga-educa ante el reto de reconocerse como sujeto de su propia historia y, por tanto, saber que las acciones que realiza tienen un impacto inmediato en la construcción de una nueva propuesta educativa inclusiva [...] docentes que toman la investigación-acción participativa como eje para procurar que el estudiantado adquiera capacidades en la investigación, gestión social y negociación, a fin de que, en sus espacios de estudio, trabajo y convivencia, recupere la capacidad de asombrarse ante la realidad y, de esta manera, se convierta en una persona profesional despierta que puede proponer cambios positivos en los procesos educativos desde su quehacer docente (Cecilia Dobles-Trejos, 2014).

El asombro permite cuestionar a la realidad con la que día a día se interactúa y reflexionar sobre las situaciones que se enfrentan. Permite a un docente que aún tiene la capacidad del asombro, preguntarle a la realidad sobre el "entramado multitemporal en el cual se conjugan y reafirman los saberes, de los que el docente junto con sus estudiantes son artífices" (Cecilia Dobles-Trejos, 2014).

¿Cuál es la clase de asombro que debe gestionarse en la educación? Acevedo C (2009) menciona que debe ser el asombro intelectual, ya que el conocimiento de lo nuevo no solo se da porque aparece el asombro sino porque se da una ruptura epistemológica entre ciencia y ficción. La relación docente-alumno debe ser la línea de inicio del asombro porque es en este diálogo donde puede gestarse. Para ello, deben crearse situaciones que favorezcan la creatividad en las diferentes disciplinas de la enseñanza, porque el pensamiento nace en el asombro mientras que la cultura, el arte, la filosofía, la educación podrían considerarse consecuencias del asombro. Esto lleva a lograr valores superiores

como la paz, la ciencia, el arte, la justicia. En esto radica el valor pedagógico del asombro, ya que no con ver caer una manzana se puede volver a gestar la base de la física clásica (Acevedo C, 2009).

No con seguir construyendo conocimiento se conoce de verdad este. Se debe evitar divorciar el mundo concreto del abstracto. Como menciona Díaz-Barriga y Hernández-Rojas (1999) en los principios constructivistas, se construye el conocimiento cuando se conflictúa en el alumno lo que sabe contra lo que debe saber; en términos del asombro, cuando se da una contradicción, las cosas tienen movimiento y permite una confrontación con la realidad. Cuando en el aprendizaje se logran respuestas a situaciones nuevas afuera de lo cotidiano, el asombro es el punto de partida del aprendizaje que se está construyendo en sus dimensiones creativas (Acevedo C, 2009; García Inda, 2018; Robayo-Valle, 2017).

Actualmente la metodología de enseñanza-aprendizaje ha mejorado sin lugar a duda. El estudiante hoy es gestor de su propia educación jugando un papel más activo en este esquema, mientras que el docente juega ahora un papel de facilitador y guía, ya no se centra esta actividad en su persona. Lamentablemente el asombro se ha olvidado del esquema a pesar de haber demostrado que es una herramienta importante para el aprendizaje significativo (Robayo-Valle, 2017).

Tomás de Aquino lo define como

el deseo puro de conocer, de no dar nada del entorno por supuesto; esto genera una actitud de agradecimiento ante el mundo. Los niños son los que más se asombran, y esto se debe a que están descubriendo el mundo por primera vez; mientras que los adultos, ya dan todo por sentado, perdiéndose de la oportunidad de conocer más, y de sacar provecho de su experiencia y sus dudas (Arendt citado en Robayo-Valle, 2017, p:3).

En resumen, el asombro es la respuesta principal que se detona en la Lectio Divina después de la lectura y la reflexión al llegar a la contemplación siendo esta, lo que detona a que la persona inmersa tenga que ponerla en común con sus colaterales – porque no puede quedarse callado con lo que descubrió sin comunicarlo a sus compañeros – y de inmediato, en acción. Por este motivo, la pedagogía del asombro, base del aprendizaje significativo, retrata muy bien las conductas y acciones que aparecen con quien practica la Lectio Divina (Ramírez-Jiménez, 2016).

2.2.5 Aprendizaje basado en retos (ABR)

El aprendizaje basado en retos es una perspectiva diferente del proceso de enseñanza-aprendizaje en la que se enfrenta al estudiante con el conocimiento, desafiándolo a lograr una solución. Esta propuesta tiene sus orígenes en el aprendizaje vivencial el cual tiene como eje rector que el estudiante aprende de una mejor manera cuando participa de manera activa en *“experiencias abiertas de aprendizaje que cuando participa de manera pasiva en actividades estructuradas”* (Moore 2013 citado en Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016).

Se entiende como reto a la actividad, tarea, encomienda o situación que despierta en el estudiante tanto un estímulo que no pasa desapercibido, como un desafío a lograr la solución, a diferencia de un problema en el cual el estímulo generado puede generar una actitud ante este de rendirse antes de intentarlo. Es el mismo reto el que detona la búsqueda y adquisición de conocimientos nuevos, y los recursos o herramientas necesarios para lograr la solución (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016).

El aprendizaje basado en retos logra que el alumno aplique el conocimiento a situaciones reales además de darle al aprendizaje un enfoque integrador al combinar experiencia, cognición y comportamiento (Akella 2010 citado en Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016). Como menciona Torres Coronas (2003) se van desarrollando en el estudiante competencias, habilidades y experiencias, además de promover el trabajo colaborativo, experiencias y situaciones que enfrentará y aplicará el estudiante en su vida profesional al desenvolverse en el mundo real.

En el aprendizaje basado en retos, el rol del profesor se transforma de ser el transmisor del conocimiento al estudiante, a un coach, coinvestigador y diseñador (Hoeksema, Hoppe y Milrad (2006) citados en Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016):

- Un coach porque el profesor al inicio debe estar entrenando al estudiante sobre cómo enfrentar el reto, y conforme avance el curso, lo ira soltando poco a poco,
- un coinvestigador porque el profesor se vuelve integrante del equipo de trabajo del estudiante donde puede enseñar técnicas de trabajo colaborativo – líder del grupo, estrategias, delegar funciones, supervisar avances, apoyar al que se vaya rezagando, etc. –, y

- diseñador porque el profesor es quien debe diseñar los retos a presentar al grupo, para que sean alcanzables, medibles, que representen un verdadero reto al alumno y que generen como producto la solución.

2.2.6 Aprendizaje basado en el error (ABE)

Errare humanum est del latín que significa “errar es de humanos”, y es una actividad intrínseca a la naturaleza humana. Villarreal-Pérez et al. (2011) aborda los riesgos en el que incurre la medicina, desde un mal diagnóstico o tratamiento/medicación, concluyendo que entre 44,000 a 98,000 personas mueren al año en EEUU como resultado de errores en la asistencia médica. En la educación, dado que el estudiante está iniciando la construcción de su conocimiento estructural (Serrabo García, 2016), es más fácil errar que acertar. Lamentablemente el docente se aprovecha de esta fragilidad para convertir la evaluación en una acción punitiva en lugar de utilizarla como estrategia de aprendizaje (Alvarez-Herrero, 2019).

El aprendizaje basado en el error (ABE) se basa en utilizar al error como aliado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, abordando desde el profesor la realización y corrección conjunta con el estudiantado de los errores, invitándolo a que, utilizando el pensamiento crítico, identifique las consecuencias del error y sus causas, y con el pensamiento creativo, busque alternativas para llegar al resultado. Al realizar esta actividad “en caliente” se produce un aprendizaje de forma razonada, con conocimiento de causa y con un efecto más duradero (Alvarez-Herrero, 2019)

Los errores por su naturaleza “*son un gran potencial en la educación. No puede dejarse sin esclarecerlo, sin comentarlo y mucho menos, sin resolverlo. Un error permite aprender de él, motivo suficiente para utilizarlo en la didáctica*” (De la Torre, 2004 citado en Alvarez-Herrero, 2019). Se le debe quitar la connotación negativa a los errores, aprendiendo a utilizar este, a gestionarlo de manera constructiva y a verlo como una oportunidad de producir en el estudiante, un crecimiento en su conocimiento, una aportación a su zona de desarrollo próximo, desde el error y el conocimiento producido. El ABE es una estrategia no sistematizada que recurre a forzar la aparición del error – aunque a veces este aparece de forma casual y no causal –, para aprovechar la oportunidad de encausar al alumnado hacia la solución. Esta estrategia se basa por ende en combinar las diferentes propuestas con situaciones principalmente del mundo real, para propiciar el ambiente de que el alumno se

apropie del conocimiento (Konopka Adaime y Mosele, 2015 citados en Alvarez-Herrero, 2019).

En resumen, el aprendizaje al ser un proceso constructivo interno, autoestructurante para el estudiante y estructurado por el mismo, requiere insumos para esta construcción. Cuando la aborda desde el descubrimiento, el aprendizaje se vuelve interesante, y si este interés le despierta el asombro, aprenderá de manera autónoma, interiorizando el conocimiento a su cultura, reconstruyendo sus saberes que le permitirán resolver los retos a los que se enfrente, además de aprender de sus errores.

El rol del docente será entonces, el llevar un intercambio dialéctico de conocimiento, promover la predisposición del estudiante hacia el aprendizaje mediante el pensamiento crítico para detectar áreas de mejora y el pensamiento creativo para diseñar estrategias que logren resultados. La Lectio Divina como técnica promotora de este proceso augura lograr resultados mejores en el autoaprendizaje del estudiante.

2.2.7 Gestión del conocimiento – marco teórico

La Gestión del conocimiento es la disciplina enfocada a generar, compartir y utilizar el conocimiento existente en una organización, empresa, comunidad, etc., para coadyuvar a solucionar necesidades específicas de los individuos y al desarrollo de la organización (Barragán, 2009). Para Eboh y Cletus (2019) la gestión del conocimiento es *“el conjunto de procesos o prácticas utilizadas por una organización para adquirir, aplicar y compartir información crítica para lograr sus metas, misión y objetivos”* (Eboh y Cletus, 2019, p. 1). En otras palabras, se puede definir como una organización que aprende, una reingeniería de procesos, una metodología que permite a las organizaciones y a las personas aprender, con la idea común de situar al conocimiento como el bien más valioso de la organización.

En este proyecto es importante la gestión del conocimiento en la educación, ya que, aunque existe mucho conocimiento explícito alrededor del impartir la asignatura de química a estudiantes de ingeniería – libro de texto, manuales de prácticas, guías de aprendizaje, exámenes colegiados dentro de la academia, TIC’s, etc. –, la libertad de cátedra que tiene cada profesor y que caracteriza a la institución, genera conocimiento tácito que se pierde al momento que la persona renuncia o cambia de departamento dentro de la organización. De allí la importancia de la gestión del conocimiento para identificar, transferir, ,

externalizar, materializar, compartir y utilizar el conocimiento, logrando democratizar el uso del conocimiento con un alcance social mayor (Ramírez, 2014).

El conocimiento se va transformando de una colección de datos aislados a información cuando retrata ya un proceso o evento, para pasar a conocimiento cuando incide en el agente, transformando su posición de él ante el problema (Rodríguez-Montes, 2006). El conocimiento se clasifica por su propósito en:

- **operativo:** dedicado a resolver problemas operativos. Se entiende como el conocimiento embebido en un manual, no profundiza a conocer el porqué del funcionamiento o de los problemas. Se permea a diferentes agentes a través de los manuales de operación, sesiones de capacitación técnica y de la supervisión del responsable.
- **reflexivo:** pensar sobre el propio pensamiento y la forma de actuar, sus causas y efectos. Tipo de conocimiento más difícil de transformar de tácito a explícito porque lleva el sello personal del agente, y es muy difícil ser ese agente en otra persona (Rodríguez-Montes, 2006).

El objetivo de este proyecto de intervención mencionado en el capítulo anterior es precisamente el sistematizar y materializar el conocimiento reflexivo de la práctica educativa del autor, de allí que debe realizarse la gestión del conocimiento para lograr cumplir este objetivo.

Martínez Caraballo (2006) establece que el conocimiento dentro de la empresa es igual de valioso que el capital o los productos fabricados y comercializados, al poder considerarlo como recurso estratégico esencial, no solamente al interior de la organización, sino también como un diferenciador importante de la competencia; de allí que es importante para la empresa el saber cómo generar el conocimiento, como transmitirlo y permearlo de manera estratégica a los miembros de la organización, para “integrar y apalancar los recursos más importantes: los conocimientos y capacidades de la empresa” (Martínez Caraballo, 2006, p.310).

Es importante para la empresa desarrollar el capital intelectual, para ello Bontis (1996) propone tres enfoques para lograr este:

- es importante que la gestión del conocimiento en verdad se realice, con el fin de evaluar la marcha de la empresa,

- debe estar bien definido el papel de conocimiento de la firma, y
- debe estar diseñado el mapa de conocimiento de la empresa. (Bontis, 1996 citado por Martínez Caraballo, 2006, p. 311).

El conocimiento adecuado – el cual se entiende como el conocimiento que el agente por su posición y función en la organización debe conocer –, según Ordoñez (1999) debe llegar al personal adecuado en el momento oportuno, ya que antes de eso, puede debilitarse y/o perderse, y después, carece de valor. Esta actividad debe estar garantizada por la estrategia empresarial para que pueda ser utilizado y compartido, y así pueda la empresa organizarse y adaptarse a su entorno. (Ordoñez, 1999 citado por Martínez Caraballo, 2006, p. 311).

De acuerdo con Martínez-Caraballo (2006) el aprendizaje organizativo se considera como el proceso que nace dentro de la organización por los individuos que la conforman, ya que este se da a través del aprendizaje individual de los miembros. El *know how* se refiere a lo que se aprende, y el *know what* a la comprensión de lo aprendido y los usos que se le da a esto. Esto se da por el aprendizaje adquirido en el proceso que se define como aprendizaje operacional (Martínez Caraballo, 2006, p. 314).

El primer modelo dentro de esta categoría es el Modelo Gestión del Conocimiento de Nonaka y Takeuchi de 1999. Para este modelo su base es el conocimiento tácito (subjetivo) y explícito (objetivo): la observación de un fenómeno químico siempre es subjetivo hasta que no se experimenta, analiza y concluye (objetivo), bajo la óptica del método científico, documentando el proceso, haciendo explícito este conocimiento. Los elementos esenciales de este modelo en cuanto a transferencia de conocimiento (Barragán, 2009) son:

- a. transferencia de conocimiento tácito a tácito o socialización: grupos de personas que interactúan compartiendo experiencias y modelos mentales. La química está basada en la experimentación haciendo equipo investigadores o alumnos en el laboratorio, y
- b. transferencia de tácito a explícito o exteriorización: discusión/reflexión. Antes de publicar cualquier resultado científico el conocimiento es replicado por pares y arbitrado por colegas, materializado en un reporte científico
- c. transferencia de explícito a tácito o interiorización: conocimiento sistemático. Desde que la química es una ciencia exacta, el conocimiento es sistemático, y así se expone en el aula, en congresos, en presentaciones

- d. transferencia de explícito a explícito o combinación: aprender haciendo (*learning by doing*). Este es el objetivo de enseñar la teoría en la práctica, que el estudiante replique en la experimentación lo que dicta la teoría; en otras palabras, que el alumno compruebe en el laboratorio o en la práctica la teoría que se ve en el aula.

Otro modelo dentro de esta categoría y que también cumple con la gestión del conocimiento de la química, es el modelo de gestión del conocimiento de Wiig (1993) descrito por (Barragán, 2009; Dalkir, 2005) el cual habla de diferentes niveles de internalización del conocimiento entre los diversos actores, desde los novatos, principiantes, intermedios, hasta expertos y maestros, caracterizados por el nivel de internalización del conocimiento desde lo básico, hasta el poder utilizarlo como herramienta de resolución de problemas y de aplicación al mundo real. Estas categorías reflejan el nivel de conocimiento con el que llegan los estudiantes de educación media superior a la universidad. En la tabla 3 se describen los diferentes modelos de internalización del conocimiento según Wiig (1993)

Tabla 3

Modelos de gestión del conocimiento y los grados de internalización descritos por Wiig (1993). Tomada de Barragán, A., (2009)

Nivel	Tipo	Descripción
1	Novato	Escasamente consciente o no consciente del conocimiento y cómo puede usarse.
2	Principiante	Sabe que el conocimiento existe y donde puede conseguirlo pero no puede razonar con él.
3	Competente	Sabe sobre el conocimiento, puede usarlo y razonar con él dando bases de conocimiento externas como documentos y personas para ayudar.
4	Experto	Sabe del conocimiento, lo retiene en la memoria, entiende donde aplica, y razona con él sin alguna ayuda externa.
5	Maestro	Internaliza el conocimiento completamente, tiene un entendiendo profundo con plena integración dentro de los valores, juicios, y consecuencias del uso de ese conocimiento.

En resumen, para construir el marco teórico de la sistematización que se pretende, en cuanto a modelos de gestión del conocimiento, se aplican del modelo de Nonaka y Takeuchi

(Barragán, 2009) solamente sus dos primeros pasos: 1) la socialización, la cual ha sido la actividad del autor al expresar a colaterales, a autoridades educativas, etc., las ventajas de implementar esta práctica educativa en el aula, y 2) la exteriorización, con lo que se pretende materializar todo este bagaje de conocimiento tácito.

En cuanto al modelo de Wiig y Dalkir (2005), se considera este para visibilizar los diferentes niveles de internalización que se pueden alcanzar con su aplicación, ya que como menciona Dalkir (2005), puede internalizarse desde el conocimiento básico – lectura y reflexión – hasta el utilizarlo como herramienta que resuelve problemas del mundo real – puesta en común y acción –.

En resumen, para cumplir el objetivo de este proyecto, la gestión del conocimiento realizada fue la de explicitar y materializar – exteriorización en el modelo de Nonaka y Takeuchi – el conocimiento pedagógico tácito de la práctica educativa utilizada por el autor en la impartición de su cátedra. En cuanto al modelo de GC de Wiig y Dalkir (2005), se consideraron los cinco niveles de internalización del conocimiento, para incluir en el alcance de esta sistematización desde el alumno hasta el maestro.

Capítulo III. Plan de trabajo

“...es indiscutible que donde hay un plan hay inteligencia. Un universo ordenado y desplegándose da testimonio de la verdad de la afirmación más majestuosa jamás pronunciada: «En el principio Dios...» (Compton, A citado en Dimitrov e Ibañez-Cornejo, 2004, p.68)

En este capítulo se presenta en el primer apartado, el plan de intervención mencionando el objetivo, las etapas o estrategias seguidas donde se exponen las fases de planeación, documentación, análisis y depuración de la información recabada, la materialización del documento y la difusión. Después se presenta el plan de trabajo y el cronograma en un diagrama de Gantt, la evaluación de la gestión. El apartado siguiente expone el contexto en donde se realizó el plan de intervención, describiendo las instalaciones físicas, las tecnologías de información utilizadas debido a la pandemia del COVID-19, la población estudiantil, etc., para dar un panorama del lugar y del tiempo en donde se desarrolla la práctica educativa.

3.1 Plan de intervención

Se plantea en este apartado el plan de la intervención a realizar, para explicitar y sistematizar las diversas estrategias empleadas en el aula e integrar una metodología de enseñanza susceptible de ser enriquecida y compartida.

3.1.1 Objetivo

El objetivo del proyecto es explicitar y sistematizar la práctica educativa del autor como profesor de química a nivel universitario, para construir una metodología susceptible de ser compartida, ya que, en el momento actual, este conjunto de estrategias y prácticas

docentes que han resultado exitosas en su implementación, son de conocimiento exclusivo del autor y no se encuentran documentadas.

Para desarrollar este proceso de sistematización se proponen los siguientes objetivos específicos:

- 1) Explicitar el conocimiento tácito que el autor posee mediante registros obtenidos *in-situ*,
- 2) Organizar este conocimiento en un modelo o método de enseñanza,
- 3) Fundamentar teóricamente este conocimiento

3.1.2 Etapas o estrategias generales

Las etapas propuestas para desarrollar el proyecto contemplan cinco fases posibles para desarrollar el plan de intervención, para cumplir con el objetivo propuesto de este proyecto.

Las fases son las siguientes:

Fase I Planeación del proceso

- Definición del proceso metodológico. En esta fase se delimita cuáles serán las herramientas y estrategias para realizar el registro de la práctica educativa y cómo se abordará su análisis posterior.
- Herramientas: se establece la creación de una bitácora para el registro diario de actividades con el grupo, donde se documentará:
 - Tema de la sesión del día: planeación inicial de los temas que serán tratados en esa sesión en específico.
 - Herramientas utilizadas en esta sesión: experimentos en el laboratorio o en casa, presentaciones, análisis de casos de estudio, exposiciones de parte de los alumnos, aplicaciones del tema desde la óptica de cada carrera presente en el grupo, tareas o trabajos de exposición, dudas generadas, situaciones de apoyo intersubjetivo entre los mismos alumnos, conclusiones obtenidas de la sesión, comentarios al margen expresados por los alumnos, resultados en el *One Minute Paper* (Ross y Angelo, 2001), etc.
 - Grupo para observar: debido a la pandemia se determinó que solamente se observará un grupo de química general I, el asignado al profesor en el semestre de otoño. El registro se realizará en la bitácora, uno por cada

sesión. Podrán videograbarse algunas sesiones, sobre todo cuando sean sesiones de exposición.

- Periodo de registro: se planea realizar el registro de 8 a 10 sesiones distribuidas en el semestre
- Nota: el primer registro de la bitácora será la guía de aprendizaje para tener todo el planteamiento inicial de la asignatura ante el grupo
- Entrevista con alumnos, con exalumnos: para evitar un sesgo de información se diseñarán en esta etapa las preguntas a realizar en las entrevistas. Se pueden videograbar si es que el entrevistado lo autoriza conforme a los términos de ética de la información tratada en el capítulo I de este documento

Fase II Documentación del proceso

- **Acopio de datos:** En esta fase se recuperan e integran los datos de análisis estadístico de rendimiento académico de cursos anteriores impartidos por el autor, tanto sin la implementación de la metodología que propone como ya con el empleo de esta para construir la línea base de trabajo. La línea de tiempo de la cual se tienen los datos a integrar en esta fase es del 2008 al 2014, y del 2015 a la fecha.
- Se materializan los registros en archivos electrónicos – tanto los textos como los archivos multimedia, fuente de esos textos. Se almacenan en disco duro externo al de la computadora de trabajo, y también en la nube de OneDrive, como respaldo virtual para su posterior análisis.
- Se realizan registros de las sesiones de clase incluyendo ambos tipos de sesiones, teoría y laboratorio, siguiendo la observación participativa como metodología de recolección de datos (Kawulich, 2005), observando y anotando, los recursos utilizados en la sesión – vídeos, prácticas de laboratorio, casos de estudio, retos, problemas abordados, etc., – así como las estrategias utilizadas específicamente en la sesión, los resultados obtenidos en los alumnos – diálogos, retroalimentación, conclusiones – y pormenores que hayan sucedido. Estos registros se anotarán y compilarán como diarios

- Se realizan adicionalmente entrevistas a exalumnos, para los cuales se busca exalumnos de semestres más avanzados e inclusive, ya egresados, como parte de los registros

Fase III Análisis y depuración de información

- Considerando todos los elementos propuestos, se realiza el análisis, depuración, reflexión, corrección, adecuación de mejoras, construcción de la metodología.

Fase IV Materialización del documento

- Se concreta en un documento compartible la metodología construida.

Fase V Difusión

- Esta fase podría considerarse para dar difusión al conocimiento estructural materializado, logrando con esta fase la externalización de la práctica, dentro de la espiral de la gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995) (citado en Martínez-Caraballo, 2006).

3.1.3 Plan de trabajo/cronograma

En la figura 9 se presenta el diagrama de Gantt con un cronograma de actividades ajustado a lo que la pandemia modificó el plan original. Se estima un periodo para desarrollar el plan de 8 meses pudiendo modificarse en el transcurso debido a la evolución de la pandemia. En la figura 10 se desglosan las tareas contempladas en el cronograma mencionado para exponer de una manera más visual y clara estas.

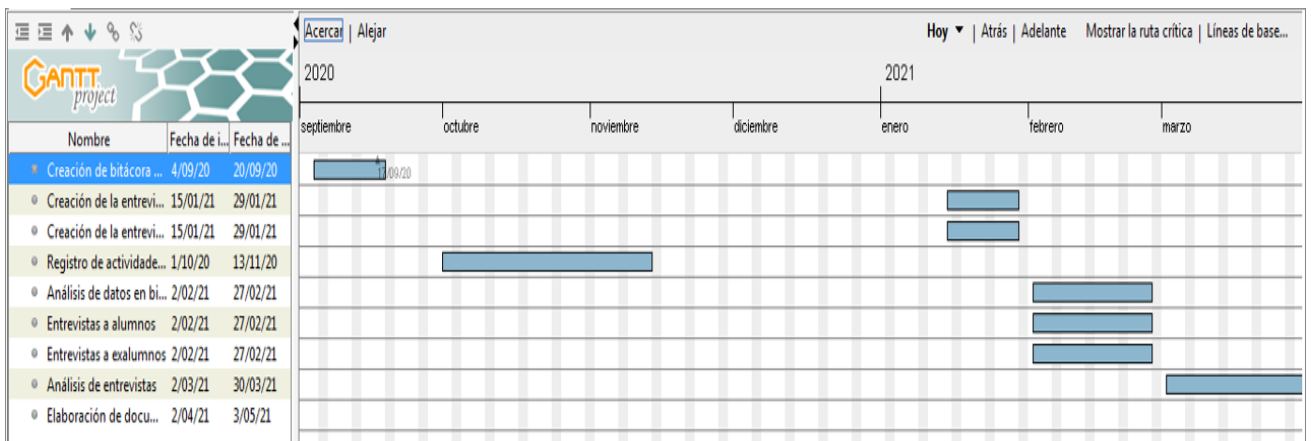


Figura 9 Cronograma tentativo de actividades de la sistematización

The screenshot shows a software interface for a Gantt project. At the top, there is a navigation bar with icons for menu, back, forward, search, and refresh. Below this is the 'GANTT project' logo and a decorative background with a hexagonal pattern. The main content is a table with three columns: 'Nombre', 'Fecha de inicio', and 'Fecha de fin'. The table lists ten tasks, with the first task highlighted in blue and the others in light green.

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Creación de bitácora de acti...	4/09/20	20/09/20
• Creación de la entrevista a a...	15/01/21	29/01/21
• Creación de la entrevista a e...	15/01/21	29/01/21
• Registro de actividades por ...	1/10/20	13/11/20
• Análisis de datos en bitácora	2/02/21	27/02/21
• Entrevistas a alumnos	2/02/21	27/02/21
• Entrevistas a exalumnos	2/02/21	27/02/21
• Análisis de entrevistas	2/03/21	30/03/21
• Elaboración de documento	2/04/21	3/05/21

Figura 10 Tareas del diagrama de Gantt de la figura 9

3.1.4 Evaluación de la gestión

Le evaluación de esta gestión del conocimiento, a pesar de la situación de la pandemia, se considera exitosa cuando después del análisis de registros, se obtengan los argumentos que identifiquen los recursos utilizados, que expliciten las estrategias innovadoras utilizadas, y que den cuenta de cómo se va apoyando la construcción del pensamiento complejo en los estudiantes.

Adicionalmente cuando se logre externalizar todos los recursos que el docente utiliza, desde el qué recurso y por qué hasta el cómo se implementa en el grupo, cuáles son los objetivos buscados y qué resultados se obtienen. Cuando este materializado esto, se podrá concluir que la gestión del conocimiento se desarrolló con éxito.

3.2 Contexto

Este proyecto se realizará en la Universidad ITESO en el grupo asignado el semestre de otoño 2020, codificado por la institución como el grupo PTI2298H de la asignatura Química General I, la cual es tronco común para las ingenierías adscritas al departamento. La población de este grupo es de 18 alumnos agrupados en la siguiente mezcla: 61.0% en nanotecnología, 27.8% en mecánica, 5.6% en biotecnología y 5.6% en alimentos. Todos los adscritos al grupo son de primer ingreso a la institución por lo que no existen alumnos repetidores sino todos llegan con expectativas altas de haber ingresado formalmente a la etapa universitaria de su educación profesional.

El profesor es ingeniero bioquímico titulado con dos especialidades, la primera es en ciencias marinas y la segunda, en tecnología de alimentos; es egresado del Tec de Monterrey Campus NW Guaymas. Tiene una maestría trunca en comunicación de la ciencia y la cultura del ITESO, y actualmente está cursando la *Maestría en Educación y Gestión del Conocimiento* en la misma institución. Tiene 21 años en ITESO donde además de la labor docente, se desempeña como investigador científico para proyectos vinculados a la industria. Este mismo periodo es el que tiene de experiencia en la asignatura siendo esta junto con la química general II, las más recurrentes en su labor docente. Además, se ha desempeñado en otras asignaturas como química analítica e instrumental, bioquímica, balance de materia y energía, hidrología y limnología. Esta variedad de asignaturas y de vinculación con la investigación y la industria, le han permitido dar un contexto real a los problemas, casos de estudio, proyectos en el aula, a diferencia del común de profesores de la asignatura cuyos casos están basados en mayor proporción al libro de texto.

Debido a la pandemia por el SARS-COV-II, se modificó el contexto original de la asignatura; esto es, las primeras doce sesiones de clase se desarrollaron en plataformas virtuales. Las sesiones virtuales de clase teórica (dos veces a la semana) se desarrollaron los miércoles y jueves de 13:10 a 14:50 hrs; estas se están llevando a cabo en plataformas basadas en internet – del tipo intranet y extranet – de la siguiente manera:

- videoconferencia: para sostener una videoconferencia de calidad con múltiples participantes, se está utilizando TEAMS de Microsoft Office 365, por su facilidad de uso, calidad de la videoconferencia tanto en voz como en video, por requerir un menor ancho de banda de la conexión a internet, por permitir el uso de los demás programas basados en internet de la suite Office 365 de Microsoft, además de permitir la grabación y descarga de los archivos de la videoconferencia.

- repositorio de documentos – tanto los generados por el profesor como los de alumnos y la institución –, manejador de foros, mensajería de todos vs todos ligada al correo institucional, etc., se está utilizando la plataforma CANVAS.

Las sesiones prácticas de laboratorio fueron modificadas para albergar grupos reducidos de población estudiantil baja – para cumplir con los protocolos de salud –. Se asignó el laboratorio I “Química General” (ver figura 11), el cual está equipado para el trabajo seguro de hasta 24 alumnos, divididos en equipos de trabajo de tres integrantes. Este laboratorio cuenta con instalaciones adecuadas para el desarrollo de la sesión práctica, tanto en requerimientos eléctricos – contactos polarizados aterrizado a tierra suficientes en cantidad y en calidad – como en iluminación – natural y artificial –, ventilación – natural y forzada.

Laboratorios Edificio I, PTI

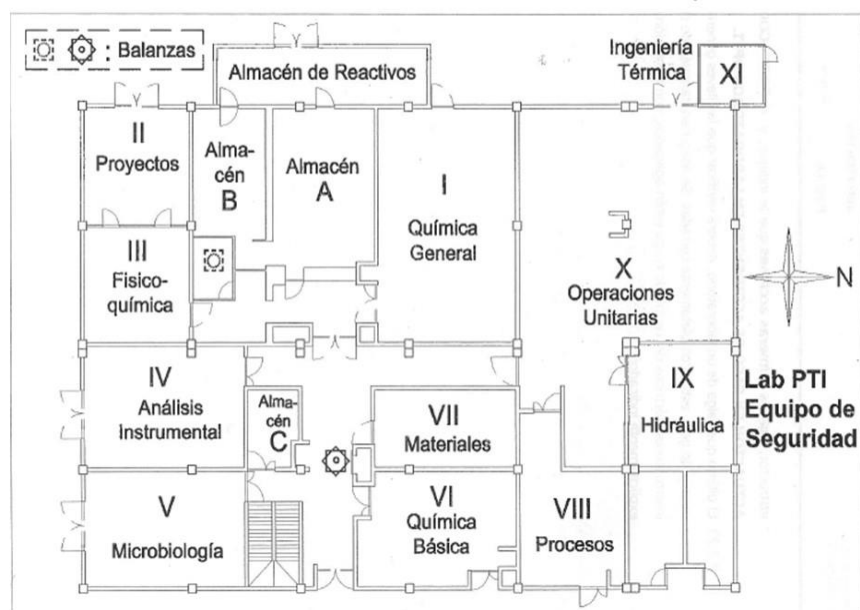


Figura 11 Diagrama de laboratorios del edificio I (PTI) en ITESO

Cuenta con un pizarrón metálico móvil, esmaltado en blanco y para plumones, tres mesas centrales de trabajo con instalaciones de gas, agua, drenaje, recirculación y eléctricas para el armado adecuado de los equipos e instrumentos requeridos por práctica. Además, cuenta con dos salidas de emergencia, alarma contra incendio estroboscópica y audible, señalética adecuada, dispositivos requeridos en un laboratorio de investigación científica – campana de extracción, manta contra incendios, ducha y lavaojos contra derrames de sustancias corrosivas o tóxicas, extintores de incendio, etc. –

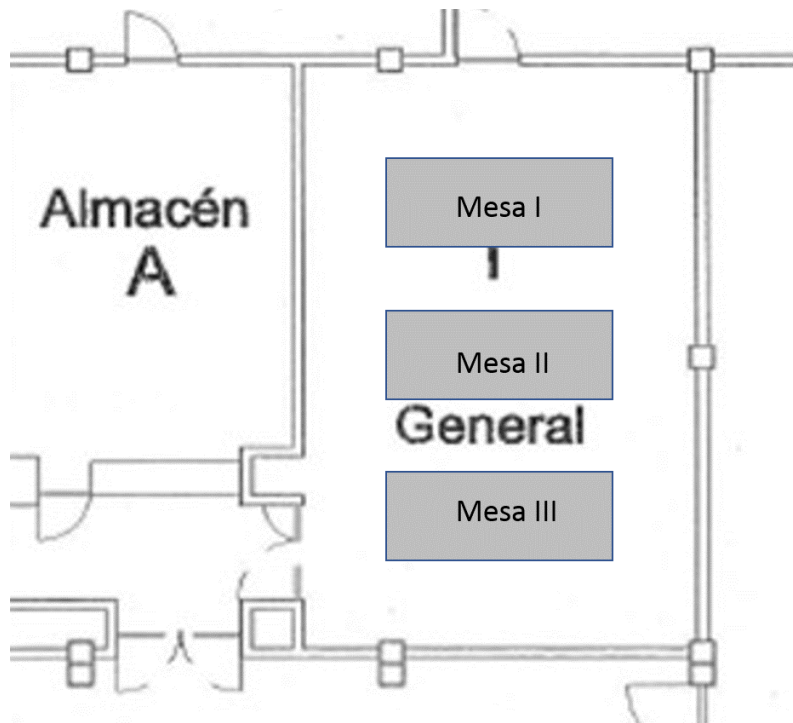


Figura 12 Acercamiento del croquis anterior al laboratorio I

Con este tipo de instalaciones se promueve la actividad de enseñanza-aprendizaje de manera importante, ya que se asegura tanto al estudiante como al profesor, comodidad, ergonomía, seguridad, ventilación, clima adecuado, comunicación bidireccional entre maestro-alumno y alumno-alumno, facilidades de conexión tanto a internet como a una proyección y/o videoconferencia, aislamiento de ruido exteriores – ya sean provenientes de otros salones o de los pasillos y jardines – etc.

Capítulo IV. Método de recolección y sistematización de información

La química es necesariamente una ciencia experimental: las conclusiones se extraen de datos y sus principios son apoyados por la evidencia de los hechos (Faraday, M citado en PRO3S, 2020)

Cuando se conduce un estudio cualitativo básico, lo que se busca es descubrir y comprender un fenómeno, un proceso, las perspectivas y puntos de vista de la gente involucrada, o una combinación de estos. Toda esta información se puede recabar mediante entrevistas, observaciones o análisis de documentos, para posteriormente analizarla buscando patrones recurrentes o temas comunes que aparecen a través de todos los datos (Merriam y Grenier, 2019).

Esta búsqueda está alineada de manera perfecta a lo que se pretende encontrar en la práctica educativa del profesor, para posteriormente estos patrones, temas, conductas o acciones, sean materializados y externados. Para la recolección y sistematización de los datos obtenidos, este proyecto se fundamentó en el paradigma cualitativo, que es lo que se presenta en este capítulo. Como técnicas de recolección de datos se utilizó la entrevista y la observación participante. Por último, se expone el análisis de datos cualitativos siguiendo los criterios de Chacón (2006) y de Mejía-Navarrete (2011).

Para finalizar el capítulo se presenta una reflexión ética de cómo se manejó la información, las identidades de las personas involucradas, los derechos de autor, etc.

4.1 Paradigma cualitativo

El paradigma cualitativo, a diferencia del cuantitativo, pretende entender los fenómenos sociales desde las creencias, los motivos, las ideas, los sentimientos, desde la misma cultura de los sujetos, la cual Vygotsky la definía como el resultado del desarrollo social del individuo y la interacción de este en su contexto (Wertsch, 1988).

Siendo la educación un fenómeno social, existe una fuerte tradición del uso de la metodología cualitativa, ya que la propia naturaleza de los procesos implica la interacción de las personas con toda las creencias e influencias que el propio contexto y escenario social conlleva. Se utilizó este enfoque porque permite explicitar los significados que los participantes le dan a los diferentes elementos de la realidad, porque no se pretende obtener una fórmula aplicable a todos los escenarios sino comprender y explicitar lo ocurrido en este escenario concreto. Tiene una visión más holística que toma en

consideración no solo los datos observables sino las creencias y visiones de los participantes en un escenario particular (Quintero, 2011).

Esta metodología permite indagar sobre los significados profundos que las personas tienen acerca de su propio hacer, en este caso se busca explicitar las creencias pedagógicas que subyacen a una serie de prácticas docentes y sistematizar las propias prácticas. También permite construir los conceptos a partir de la observación de la realidad siguiendo un proceso inductivo.

En el enfoque cualitativo se agrupan diferentes métodos. En este proyecto el método empleado fue el interpretativo básico por las siguientes razones: profundiza en los motivos de los hechos, no generaliza y toma a la realidad como dinámica e interactiva; toma en cuenta a las personas en una perspectiva holística, el sujeto en estudio es una persona que comunica y comparte significados, la comunicación es bidireccional entre todos – el investigador y el/los sujetos –; la acción como menciona Lorenzo (2006) se construye por la interpretación de los mismos sujetos, existe interés en entender el significado de la situación estudiada que le dan los participantes, siendo este *el instrumento mediado por el investigador, la estrategia es inductiva y el resultado descriptivo* (Merriam y Grenier, 2019).

4.2 Técnicas de recolección de datos

En la investigación cualitativa existen diferentes técnicas de recolección de datos. Abarca et al. (2013) señalan una diversidad de estas, entre las cuales se pueden mencionar: la observación, la entrevista, el grupo focal, y el análisis de contenido. Las dos primeras se utilizan como técnicas de producción de datos tanto en estudios de enfoque cualitativo como cuantitativo, mientras que los grupos focales solo se utilizan en estudios de enfoque cualitativo. En este estudio se utilizaron la entrevista y la observación.

4.2.1 La entrevista

La entrevista como técnica de recolección de datos, es un complemento a la observación, ya que puede ser el instrumento idóneo para recoger puntos de vista de distintas personas, como información de problemas o situaciones específicas, que en la observación pudieran estar enmascaradas o no visibles (Woods, 1989). También es el instrumento que detona el flujo de información, o como dice Woods, “hacer que las cosas sucedan” (Woods, 1989, p. 77).

Como todo instrumento de investigación etnográfico, la entrevista debe basarse en la confianza, el respeto, la curiosidad y la naturalidad, con preguntas que hagan sentir cómodo

y no agredido al entrevistado, para lograr una relación basada en confianza que permita abrirse a contestar a la persona que pretende entrevistarse. Respeto a que el entrevistado sienta que es escuchado y está siendo comprendido. Egan (2002) menciona que un buen entrevistador *“comunica a otros el hecho de que les entiende desde el marco de referencia de ellos”* (p. 54). Al lograr la empatía con el entrevistado, se transmite confianza a lograr obtener información veraz y no distorsionada de la realidad.

Para Woods (1989), la curiosidad es otro atributo indispensable en el investigador ya que asume en él una actitud receptiva, un deseo de saber y de escucha activa, para discernir palabras o frases clave las cuales pueden no ser más que “paja” o bien “la idea central e importante” expresada. Por ello, se captura toda información expresada para su análisis posterior.

En este estudio se utilizó la entrevista cualitativa descrita por Woods (1989) para complementar la observación descriptiva y participativa de Spradley (1989), ya que, debido a la naturaleza y objetivos de ese proyecto, el autor participa de manera activa, y entre ambas herramientas etnográficas, puede evitarse el “no ser espontáneo o natural” y sesgar la información, tanto la observada como la obtenida en la entrevista, y no ser imparcial al momento de analizar, determinar y concluir sobre los resultados obtenidos. Además de ser ambas técnicas complementarias en un estudio etnográfico (Bello, 2016).

Se realizaron entrevistas a exalumnos que se encuentran en semestres más adelante y a egresados de la universidad para dar cuenta de los avances logrados.

4.2.2 La observación

La observación descriptiva es el primer paso y el más importante en un estudio etnográfico, la cual inicia con una pregunta simple, ¿qué está pasando aquí? Con esta pregunta, todo suceso o situación vivida en el grupo a estudiar, es información importante para posteriormente analizar y procesar, por lo que debe registrarse todo lo que sea posible identificar (Kawulich, 2005; Spradley, 1980).

En este proyecto se realizó observación participante completa, ya que el observador es al mismo tiempo el sujeto que será observado. El riesgo de perder la objetividad es alto según Spradley (1980); para disminuir este riesgo se cuidará la concreción y transcripción fiel de los hechos y la palabra de los participantes, y se tratará de mantener la objetividad de las observaciones, de las notas de campo y de las entrevistas a realizar.

4.2.3 Análisis de datos

La etapa de análisis se realizó al terminar la etapa de recolección de datos. El análisis de datos cualitativos es la etapa en la cual se obtienen conclusiones de datos no estructurados y heterogéneos, no cuantificados numéricamente. En otras palabras, se trata de extraer conclusiones, tendencias, patrones, etc., de una colección de datos textuales, de una narrativa, etc. (Conecta, 2020).

La información cualitativa debe tratarse de manera muy diferente a como se analiza la cuantitativa, para ello existen diversas propuestas desde las ciencias sociales. En este caso se basó este acercamiento al inicio de la información cualitativa, en el método propuesto por Chacón (2006).

Codificación inicial: Basándose en lo que propone Chacón (2006) sobre el cómo relacionar toda esta cantidad de información cualitativa colectada en todos los registros de sesión, se siguió la metodología de codificación y análisis de datos cualitativos más utilizada. Para este fin:

- se codifica el material obtenido en los registros, en categorías estrechamente relacionadas al marco conceptual del estudio
- a partir de la reducción de datos a categorías, se determinan y validan relaciones en varios niveles de abstracción
- todas esas determinaciones apuntan al final a conclusiones que bien pueden respaldarse con el conjunto de datos obtenidos en el campo de la observación (Chacón, 2006)

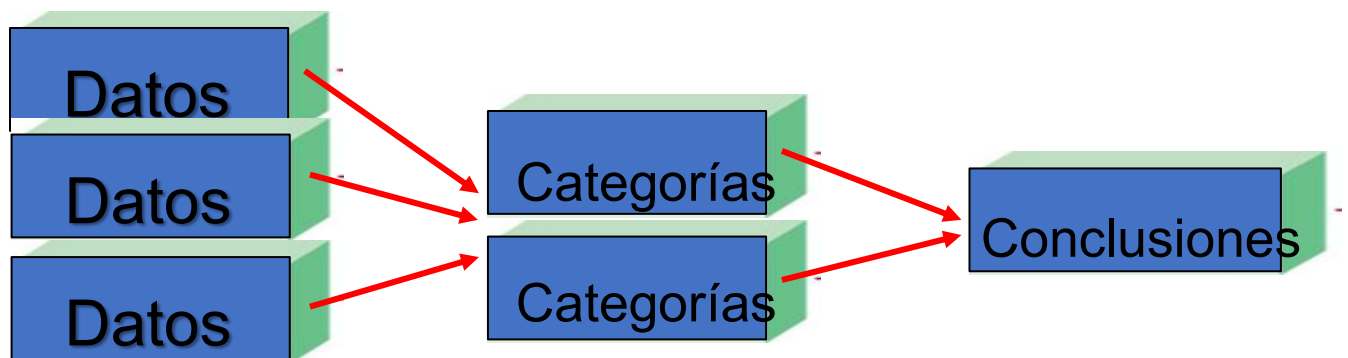


Figura 13 Análisis de datos cualitativos. Tomado de Chacón (2006)

El análisis se desarrolla en sus tres operaciones básicas: la primera es la reducción en donde se identifican, ordenan y clasifican los datos; posteriormente en la disposición de estos últimos, se elaboran conceptos empíricos del análisis descriptivo, y por último, en la tercera operación, la interpretación se construyen conceptos teóricos y explicativos de esta, relacionándolos con la labor docente del profesor (Mejía-Navarrete, 2011).

4.3 Reflexión ética

Con el fin de contrastar los resultados obtenidos con el cambio en la metodología de enseñanza contra la práctica tradicional que siguen desarrollando los demás integrantes de la academia de química, se realizarán entrevistas a estudiantes de la asignatura de química, y para complementar estas, se efectuarán observaciones de cátedra del grupo o grupos asignados al profesor, con la finalidad de explicitar el conocimiento tácito sobre el proceso de enseñanza, su percepción sobre el mismo, y los resultados obtenidos, para obtener un comparativo de estos resultados contra los obtenidos con la metodología mencionada.

Se busca tener como base los principios éticos de confidencialidad, protección a la información, y a la identidad de los entrevistados, para evitar algún atropello a los derechos de una persona en aras de la intervención, porque se busca el bien social del sistema docentes-alumnos de la institución (Aguilera-Guzmán et al., 2008) (Hall, 2017). Para ello, es importante que el participante conozca antes de su entrada al proyecto de intervención, que se le garantizan los puntos éticos de la investigación, “validez científica, selección justa de participantes, respeto a estos y consentimiento informado” (Aristizábal Franco, 2012).

Se buscará tener el consentimiento informado y firmado por cada uno de los participantes en esta intervención. Se informará con claridad y honestidad cuál es la finalidad de la información recabada y el uso que se dará a la misma (Aristizábal, 2012).

Capítulo V. Análisis de la intervención

“La religión y la ciencia son entonces, en mi análisis las dos grandes fuerzas hermanas que han jalado, y todavía están jalando, a la humanidad hacia adelante y hacia arriba” (Millikan, 1950 citado en Dimitrov e Ibañez-Cornejo, 2004, p.51)

El objetivo de la sistematización del conocimiento empírico es identificar como menciona Borda et al. (2017) las diferentes conexiones entre textos y las categorías analíticas del estudio, *“hilando conversaciones de los informantes o que emergen de las observaciones con los conceptos teóricos que ajustan y colaboran en la interpretación y sentido de los datos”* (p.23).

En este capítulo se presenta el análisis cualitativo de las evidencias encontradas en los trece registros de observación de la práctica educativa realizados durante el semestre de otoño 2020, y en los primeros meses del semestre de primavera 2021. Adicionalmente se complementan estos registros con cuatro entrevistas desarrolladas en marzo de 2021.

En la primera parte del capítulo se desarrolla el análisis de la práctica educativa del profesor, obteniendo como resultado las características y estrategias pedagógicas presentes en esta práctica. En la segunda parte del capítulo se expone el conocimiento estructural sistematizado el cual constituye parte esencial del objetivo propuesto en este proyecto de intervención, *“sistematizar y materializar la práctica educativa del autor”*.

5.1 Análisis de la práctica educativa del docente

En esta sección se analiza la práctica educativa que el profesor implementa para gestionar el aprendizaje de sus alumnos, se identifican los recursos y las estrategias empleados y sus efectos en el aprendizaje. En este análisis se identificaron tres líneas temáticas:

1. Estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje
2. Estrategias para el desarrollo cognitivo
3. Recursos experimentales utilizados en la cátedra.

5.1.1 Estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje

En esta primera línea de análisis se identifican las diferentes estrategias de enseñanza empleadas por el profesor en su práctica educativa, se analizan sus características y los efectos generados en el aprendizaje de los alumnos.

La práctica educativa del profesor es rica y diversa, se conforma de varias propuestas educativas que tienen como común denominador, generar un aprendizaje activo del estudiante.

Después de analizar los diarios y las entrevistas realizadas a exalumnos, se identificaron diferentes propuestas educativas empleadas por el docente en sus sesiones de aprendizaje con los alumnos. En la tabla I, se consigna la frecuencia de aparición de cada una de las técnicas utilizadas y agrupadas en esta línea temática. Estos datos se obtuvieron de las sesiones registradas. La tabla 4 muestra las seis propuestas de enseñanza-aprendizaje que el profesor utiliza de manera consistente en su práctica educativa.

Tabla 4 Frecuencias de aparición de las diferentes propuestas educativas en las evidencias obtenidas en los diarios y en las entrevistas a exalumnos

Diario Número	Aprendizaje						Trabajo colaborativo
	basado en retos (ABR)	por descubri- miento	comprensión (EPC)	asombro	memorístico	basado en el error	
I	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
II	1	1		1		1	1
III	1		1	1	1		1
IV	1	1	1	1	1	1	
V	1	1	1	1		1	1
VI	1	1	1	1		1	1
VII	1	1	1	1	1	1	1
VIII	1	1	1	1		1	1
IX	1	1	1	1		1	1
X	1		1	1		1	1
XI	1	1	1			1	
XII	1	1	1	1		1	1
XIII	1	1	1			1	
Total:	12	10	11	10	3	11	9
Porcentaje:	92.3%	76.9%	84.6%	76.9%	23.1%	84.6%	69.2%

Como se observa en la tabla 4, el profesor utiliza dentro de su práctica educativa tanto en el aula como en el laboratorio o en sesiones extramuros, diferentes propuestas y programas para la gestión del aprendizaje, siendo estas las más representativas de su práctica educativa. El porcentaje enunciado se refiere a la frecuencia de aparición en los trece registros. Un dato interesante es que, en esta sección del capítulo se habla de estrategias

de enseñanza-aprendizaje innovadoras, y los números obtenidos sustentan esta aseveración, ya que la enseñanza-aprendizaje memorística fue la enseñanza tradicional por mucho tiempo, y en la práctica educativa del profesor, es la que menos aparece; las otras estrategias están muy por arriba de esta. A continuación, se describe cómo se aplica cada uno de estos marcos en la práctica educativa del docente.

Aprendizaje basado en retos (ABR)

El aprendizaje basado en retos es una propuesta pedagógica que busca involucrar al estudiante en situaciones problemáticas reales, relevantes, conectadas al entorno, las cuales implican a definir un reto e implementar la solución (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016). Es una propuesta muy recurrida por el profesor debido a que motiva al alumno buscar solución a un reto más que a un problema, además de que está orientada a dar resultados. El enfrentar un reto involucra el hacer o el actuar del estudiante respecto a un tema específico de estudio, dando buenos resultados cuando se utiliza para estudiar ciencias exactas o las ingenierías. En el análisis anterior se puede observar que el reto aparece en la tabla I con un 92.3% de frecuencia de aparición en los diarios y en las entrevistas.

La actividad debe representar un reto que sea alcanzable, que impulse en el alumno la realización de actividades de autoaprendizaje como la búsqueda de información, el uso de su ingenio y conocimientos previos. En el siguiente extracto se evidencia cómo se prepararon en el grupo para afrontar el examen parcial, trabajando en equipo todos los alumnos. El objetivo buscado fue el de, a nivel de examen parcial, resolver un caso práctico del laboratorio con los conocimientos teóricos del capítulo examinado:

***Profesor:** buenas tardes, ¿listos para este reto? y, sobre todo, ¿listos para dar resultados en este reto grupal? **Alumno L:** buenas tardes, profesor, estamos ya listos para empezar; desde ayer nos pusimos de acuerdo en el grupo y tenemos dos estrategias que podemos usar, dependiendo del contenido del examen (Diario III, p. 16, 23 septiembre 2020)*

Se le planteó al grupo que su examen final del curso, en lugar del típico examen final con problemas y preguntas teóricas extraídas del libro de texto – aprendizaje memorístico –, fuera un examen práctico en el que tuvieran que construir un deshidratador, modelado con los conceptos de termodinámica, comportamiento de los gases y termoquímicamente, y que lo expusieran el último día, presentado evidencias de la operación de este equipo, y

reportando todas las reacciones químicas y fisicoquímicas que se presentaran en la deshidratación de frutas y/o legumbres.

En las evidencias siguientes se observa que el reto de la construcción de un deshidratador – nadie nunca había construido un aparato así, y menos desde su casa con materiales y herramientas cotidianas y no las de un laboratorio o taller – fue totalmente aceptado, justificando inclusive que es una mejor manera de realizar el examen final del curso:

pues yo creo que va a estar difícil, pero va a estar muy interesante, porque según yo, cambian completamente los alimentos al ser deshidratados y va a estar muy padre ver esa reacción y relacionarlo con todo lo que hemos aprendido en el semestre, si... se me hace interesante (Diario VI, p. 38, 27 octubre 2020)

yo también estoy de acuerdo con esta dinámica porque pienso que nos daría una oportunidad más grande de demostrar nuestros aprendizajes, en vez de ponernos nerviosos en un examen tradicional, entonces, estoy de acuerdo (Diario VI, p. 38, 27 octubre 2020)

Es este el punto que mencionan Malmqvist, Rådberg y Lundqvist (2015) citados en Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016), cuando se aprovecha el interés del estudiante por darle significado práctico a su educación, además de ir desarrollando otras competencias características del aprendizaje basado en retos.

Una característica del aprendizaje basado en retos es que motiva a los alumnos a lograr el reto, a enfrentar la posibilidad de fallar y obtener experiencia de sus fallos, y cuando logran el resultado, experimentan satisfacción por lograrlo. La parte afectiva es importante en esta propuesta ya que el propio alumno se motiva y motivará a sus compañeros, involucrándose al reto. El siguiente extracto evidencia esto:

Conclusiones alumno FV: *la práctica es muy divertida, desde armar el electroinador hasta comprobar si las sustancias son o no electrolitos, sabía por la teoría que si se dissociaban total o parcialmente lo eran, pero comprobarlo fue mucho mejor (Diario IV, p. 29, 30 septiembre 2020)*

Que el alumno reflexione sobre el aprendizaje obtenido trabajando en su equipo, lo lleva a darse cuenta del impacto de sus acciones (Apple Education, 2011). Esta reflexión logra diversas respuestas afectivas en el estudiante, logrando que se involucre en el reto. En la siguiente evidencia se observa cuando el equipo – que en este caso era todo el grupo

resolviendo un examen parcial – logra el resultado buscado, todos motivados reconocen su éxito:

Al momento de lograr el objetivo, Juan solicitó un aplauso para todos por haber logrado el cometido propuesto. Todo el grupo participó en este auto reconocimiento, pudiendo observarse miradas de triunfadores, de satisfacción, de alegría (Diario II, p. 14, 14 septiembre 2020)

El problema presentado como reto, debe estar al alcance del alumno, para que encuentre la solución, ya sea trabajando individualmente o en equipo, para evitar que el factor afectivo logrado sea la frustración en lugar de la motivación, como se observa en el siguiente extracto donde el profesor comenta sobre la manera en que se presentó el problema y el reto a resolver a sus alumnos:

Esta fue la manera como se le presentó a los alumnos el objetivo de la sesión en el laboratorio: el alumno debe abordar este experimento sintiéndose presionado a lograr resultados ya que, si no los logra, su calificación reflejará esa situación; un error al momento de pesar la cápsula vacía, la muestra antes y después de la reacción, el perder materia durante la reacción, el no evaporar hasta sequedad la muestra, etc., son factores del lado del alumno que deben cuidar en el equipo para evitar errores al final. El alumno por consiguiente entra en conflicto hasta que descubre el resultado estequiométrico que concuerda con la ley de Lavoisier y la teoría atómica de Dalton (Diario II, p. 10, 14 septiembre 2020)

La motivación en el ABR es uno de los elementos más importantes, porque genera persistencia en la tarea, lo cual fue una constante en las actividades donde eran requeridos múltiples intentos antes de lograr un resultado satisfactorio. La siguiente viñeta muestra lo mencionado por un alumno:

La siguiente reacción por realizar fue producir ácido sulfúrico a partir de azufre y oxígeno el cual formó óxido de azufre y pude apreciar que era un gas color entre naranja y café, el siguiente paso fue diluir este gas en agua y crear nuestro ácido fue un procedimiento tardado ya que se repitió como 10 veces, sin embargo, el resultado fue asombroso (Diario V, p. 33, 19 de octubre 2020)

El acercar al alumno a situaciones actuales mediante un reto, según Santos et. al, (2015) ofrece un marco de aprendizaje centrado en el estudiante que simula la vida profesional que el estudiante vivirá en la empresa, en la institución o donde se desenvuelva profesionalmente, y emula las experiencias de un lugar de trabajo moderno (Santos, et. al

(2015) citados en Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016). La siguiente evidencia expone lo anterior:

varios integrantes del grupo comentaron que nunca habían realizado una actividad así, y que se les hizo una experiencia interesante de poder trabajar ahora de manera individual, construyendo ellos su equipo de pruebas y logrando resultados (Diario IV, p. 29, 30 septiembre 2020)

Aprendizaje basado en el error

Otra estrategia empleada con frecuencia por el profesor fue el aprendizaje basado en el error. Al enseñar a partir del error en el estudiante mediante la orientación del profesor se genera en el alumno un aprendizaje más valioso, duradero, y con significado especial para el estudiante. Esta estrategia fue muy utilizada por el profesor en su práctica, ya que los errores, en lugar de penalizarse, son puntos de quiebre para el aprendizaje exitoso (Alvarez-Herrero, 2019).

En cuanto a nota, en lugar de cero puntos como calificación, su nota mínima es de cinco puntos, con lo que: a) diferencia al estudiante que lo intentó del que ni siquiera hizo el intento, b) la nota es baja si (5 puntos) pero todos los puntos abonan a mejorar el promedio, y c) la nota es baja porque le enseña al estudiante la importancia de dar resultados, pero no lo frustra con una calificación nula.

El profesor coloca situaciones que obligan al alumno a experimentar y cometer errores involuntarios los cuales deben ser identificados y analizados de manera posterior para comprender por qué hubo fallas. Esta estrategia permite que los alumnos aprendan de sus errores y pongan en práctica lo que funciona; el profesor los orienta en esos momentos, pero no les da la solución para que sea una actividad de autoaprendizaje supervisada. En el siguiente extracto un alumno comenta cómo se analizó el trabajo de una compañera que presentaba errores:

En la clase del día de hoy se expusieron las diferentes leyes de los gases, se dejó como actividad mandar por este medio un análisis del experimento de la ley de Gay-Lussac elaborado por mi compañera Ana Paula. A mi punto de vista del experimento, se pretendía mostrar una disminución de presión, más no era causada por la temperatura, más bien era por la disminución de volumen, a mi parecer estaba exponiendo una relación con la presión volumen, que

prácticamente termina siendo la ley de Boyle (Diario VII, p. 44, 4 de noviembre 2020)

Con el ejercicio anterior, al cuestionar cada alumno el experimento realizado por su compañera, cada uno de ellos se dio cuenta de lo sólido o frágil de sus cuestionamientos, al discernir sobre la información mostrada si realmente era evidencia de la ley de los gases que ella argumentaba comprobar.

Aprendizaje por descubrimiento

Otra de las estrategias utilizadas por el profesor en su práctica educativa es el aprendizaje por descubrimiento, propuesta desarrollada por Bruner (Guitart, 2009; Unknown, 2018), en la cual se le da al alumno la oportunidad de descubrir los resultados, de comprobar la teoría por sí mismo y no bajo la guía de un documento previo otorgado por el docente, en donde menciona paso a paso, lo que debe hacer y los resultados que obtendrá.

Esta propuesta es muy utilizada en el laboratorio – aunque también se aplica en las sesiones teóricas – donde, a partir de que los alumnos conocen los objetivos de la sesión práctica, las reacciones que sucederán, los puntos a cuidar para prevenir accidentes, y la obligación de dar resultados, en equipo deciden sobre el material y la estrategia que seguirán para abordar el reto. Al lograr el resultado y descubrir lo que sucederá, el estudiante se motiva y se siente satisfecho por haberlo logrado.

En el siguiente extracto el alumno da cuenta su descubrimiento de encontrar la teoría química en lo cotidiano durante la práctica de electrolitos y ellos tenían que diseñar su equipo y muestrear los productos de uso cotidiano que tienen en sus casas, video filmando los resultados:

El axion y pinol son electrolitos, sin embargo, el riesgo de sufrir un accidente grave es mínimo. Como se puede observar en el video hay las dos soluciones que usamos todos los días son las mismas que nos ponen en riesgo al momento de usarlas por eso debo ser más consciente de lo que hago y aplicar mis conocimientos de lo que aprendo cada día en la clase para entender qué es lo que está sucediendo en mi entorno (Diario IV, p. 26, 30 septiembre 2020)

En el siguiente extracto el alumno descubre que sus vasijas de barro no tienen plomo, cuando esta actividad – clase teórica-práctica en el laboratorio – se desarrolló para explicar

los tipos de reacciones químicas; cada alumno – los que quisieran – llevaría al laboratorio una vasija de barro que utilicen en su casa, y mediante una sencilla reacción de precipitación (ver figura 1), se comprobaría si esa vasija todavía tiene plomo en la pintura:

por fortuna ningún recipiente de los que probamos tenía plomo y me ayudó bastante que el profesor nos mostrara cómo habría sido el resultado si sí tuvieran (Diario V, p. 33, 19 octubre 2020)

Cuando el estudiante descubre que lo que está estudiando en ese momento lo puede aplicar en una situación que está viviendo fuera del contexto de la escuela, le da un significado especial a la teoría vista, pudiendo desarrollar asombro ante esta situación, lo que lo motiva a involucrarse por interés personal, a diferencia de verlo por obligación sin sentido para él. En la siguiente evidencia la alumna da cuenta de la investigación realizada sobre su proyecto de análisis que desarrollará en el semestre en su asignatura de química analítica e instrumental. El contexto de esta evidencia es una presentación por equipo de trabajo en el laboratorio, en donde presentan a sus compañeros de grupo su proyecto de análisis químico, justificando el porqué de ese producto y con un mayor interés en él:

Me ha parecido bastante curiosa la metodología que hemos llevado en el curso, muy distinta a lo que estoy acostumbrada, pues hemos visto la química ya no sólo como una ciencia, una materia de la escuela, sino como parte de nuestra vida diaria. Ya he comenzado a cuestionarme mucho más las cosas que veía como normales, le comento a mi hermano todo lo que aprendo cada lunes y jueves para intentar que él también tenga esa semillita de curiosidad (Diario X, p. 63, 25 de febrero 2021).

El significado que cada estudiante le da a la teoría vista al aprender descubriendo puede ser muy diferente, debido a su situación muy particular que está viviendo o a la cultura que ha ido construyendo. En la siguiente evidencia esta alumna da cuenta de su descubrimiento de que, a pesar de que la teoría es la misma para todos, los resultados ya aplicados a cada proyecto de investigación en particular son muy diferentes las apreciaciones o comprensiones que cada integrante presenta:

Me parece bastante interesante que, a pesar de que todos los equipos presentamos sobre los mismos temas, siempre es MUY diferente lo que dice cada uno, lo que dice cada integrante. Cada uno tiene su propia versión de lo que comprende y creo que eso hace que la clase sea todavía más rica, me permite

entender que existe una gran variedad de perspectivas de la vida, y no hablando en el sentido filosófico, sino científico. Ya que, aunque la realidad sea una sola, cada uno la interpreta diferente (Diario X, p. 63, 25 de febrero 2021).

Aprendizaje por asombro

Otro elemento que el profesor trata de provocar de manera intencionada en sus alumnos como una estrategia para impulsar el aprendizaje es el asombro ante los diferentes fenómenos de la naturaleza. El asombro es un elemento común a varias de las propuestas empleadas por el docente. El aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje basado en retos como estrategias, y la Lectio Divina como herramienta, todas estas propuestas conducen o pasan por el asombro en alguna de sus fases. El asombro implica una experiencia cognitiva y afectiva que moviliza el deseo y la curiosidad por comprender y descubrir nuevas cosas.

El poder asombrarse de lo encontrado, motivará al alumno y podrá lograr que se apasione por las actividades que está desarrollando; en palabras del profesor “cuando se despierta el asombro en el alumno, él se conduce de manera proactiva hacia el querer conocer más”. El asombro llega normalmente por serendipia – Monsalve (2011) la define como “*un hallazgo valioso que se produce de manera accidental, casual, o cuando se está buscando una cosa distinta*” – y el profesor busca que lleguen a ese punto, acompañándolos en los problemas, en los errores, en los retos, sin mencionarles el resultado o la estrategia que funciona, para que el alumno por sí solo llegue a ese punto y pueda detonarse en él, el asombro y sus efectos emotivos. El siguiente extracto da cuenta de los resultados de lograr el asombro en los estudiantes en una práctica sobre el efecto de los electrolitos en la conductividad eléctrica de una disolución cuando lo descubren por sí mismos:

Alumno Gon: *a mí, me sorprendió esta dinámica, nunca me había tocado hacer algo así. Y menos en clase de química. Me gustó, ojalá haya salido bien.* **Alumno And:** *opino lo mismo que todos mis compañeros, es bastante original esta idea por eso la hice con gusto (Diario IV, p. 22, 30 septiembre 2020)*

Cuando los alumnos logran asombrarse, se despierta el interés por aprender y por iniciativa propia busca más conocimiento aplicado, se despierta la curiosidad por otras situaciones, otras reacciones, otros productos, etc., como se demuestra en el siguiente extracto:

Alumna AP (1): *eh, bueno... yo lo hice con esas dos sustancias, la primera porque me dio curiosidad porque vi que traía, pues varios iones y por la fórmula, eh, me dio curiosidad y dije que esto debe servir para hacer la prueba, tiene iones sodio y cloro, para desinfectar y pues, me puse a investigar y con lo que habíamos visto en clase, por lo mismo debía conducir la electricidad, y es lo que quería comprobar (Diario IV, p. 23, 30 septiembre 2020)*

En los siguientes extractos se puede observar como el asombro detona curiosidad, y esta conducta a lo largo de la historia, es la que ha logrado muchos descubrimientos científicos, como las anécdotas de Arquímedes en la tina, la manzana de Newton, el mechero de Robert Bunsen, etc.:

quiero remarcar mi sorpresa al descubrir que el agua tal cual no era un buen conductor, ya que yo tenía la idea de que era muy buen conductor (Diario IV, p. 24, 30 septiembre 2020)

me llama la atención sobre el por qué en caso de una tormenta eléctrica en el mar (que tiene 3.5% de sal) no mueren electrocutados las personas que van navegando. Es muy interesante encontrar este tipo de paradojas en nuestro mundo (Diario IV, p. 28, 30 septiembre 2020)

En el siguiente extracto de la entrevista de una exalumna, describe cómo trascendió el asombro más allá de su etapa universitaria:

[...]recuerdo que se los compartí a mis papás de que tengo un profe que nos dijo que no perdiéramos nuestra capacidad de asombro [...] y creo que eso lo he mantenido y me gusta, hasta me dicen a veces que, por qué te sorprende algo que es quizá insignificante pero no sé, es algo bonito y creo que, como ingeniera, como persona de ciencia, es algo que debo mantener, y pues sí, me gusta (Entrevista I, 24 de febrero 2021, p.3).

Como se demuestra en las evidencias anteriores, el asombro es una postura ante el conocimiento que despierta en la persona un mayor interés en aprender más del tema, en involucrarse por cuenta propia y no por obligación, despierta un gusto por lo logrado, y desemboca en diversas acciones que llevan a que se apropie del conocimiento de una manera más eficiente y apasionada.

La utilización de dinámicas del trabajo colaborativo desarrolló la identidad, la pertenencia al grupo, la responsabilidad de participar y lograr los resultados esperados, y contribuyó a la diseminación del conocimiento en cada uno de los integrantes

El estudiante hoy en día aprende de una manera más dinámica y participativa (Furió Más, C. J., 2006) a como lo hacía hace una década, por lo que utilizar dinámicas como mesas de discusión, analogías a presentar un proyecto en licitación, debates, exámenes en un solo equipo – la totalidad del grupo – en un lugar ajeno al salón de clases, etc., son herramientas que el profesor utiliza en su práctica educativa, en aras de la comprensión y de que el alumno le encuentre significado al conocimiento.



Figura 14 Alumnos de QG-II exponiendo (material inédito propiedad del profesor, 2019)

Aunque esta estrategia de enseñanza sufrió cambios importantes por las condiciones derivadas de la pandemia del COVID-19, el profesor la siguió utilizando por los resultados logrados. Las sesiones presenciales en donde el grupo se organizaba para presentar sus resultados (ver figura 14 y 15) ahora se organizaron de manera sincrónica para hacer esta actividad en vivo, pero en modo virtual.



Figura 15 Alumnos de QG-II en examen (material inédito propiedad del profesor 2019)

Un ejemplo de esta dinámica fue el tercer examen parcial del curso Química General I en otoño 2020, en donde la reunión se realizó por TEAMS de Microsoft 365 y CANVAS, y los 16 alumnos del grupo trabajando en un solo equipo, resolvieron el reto del examen parcial. Esta dinámica además de los objetivos académicos de evaluar el conocimiento del capítulo III estequiometría, apuntó a desarrollar el trabajo colaborativo y la obtención de resultados grupales, donde cada integrante era corresponsable del resultado obtenido.

En este reto el trabajo colaborativo fue la herramienta adecuada para que se pudiera resolver cada pregunta del examen, dado que, para encontrar la solución a cada reactivo tomado de la vida real, y no del libro de texto, se requirió de una reflexión grupal de los integrantes para entre todos, discernir la respuesta buscada. Si no existía la colaboración entre integrantes, el encontrar la solución se complica demasiado.

El trabajo colaborativo es utilizado por el profesor también durante las evaluaciones, ya que en palabras del profesor “los problemas que enfrentará el alumno en su vida profesional, en la mayoría de las veces, lo hará con su equipo de trabajo, desde la investigación científica hasta el desempeño en la industria o la empresa”. Los equipos de trabajo suelen cambiar de integrantes, dependiendo el momento de evaluación en curso, desde dos integrantes hasta todo el grupo.

Después de una lectura reflexiva la puesta en común y la acción – pasos de la Lectio Divina – se pueden evidenciar en la viñeta siguiente cómo los alumnos discuten sobre la resolución de los problemas planteados en el examen:

Alumna A: A mí me parece que se forma cloruro de aluminio y aparte cloruro de magnesio,

Alumno L: Si porque yo no he visto un compuesto que al mismo tiempo sea de aluminio y magnesio,

Alumno H: Si, no podemos olvidar al magnesio porque está presente en el Melox, si no, ¿a dónde se iría?”,

Alumno LC: Efectivamente son los dos compuestos por separado los que se forman, cloruro de aluminio más cloruro de magnesio (Diario III, 23 de septiembre 2020, p.18)

El resolver un reto presentado como una dinámica prepara al estudiante hacia su vida profesional, ya que los temas presentados no son sacados del libro de texto, sino son situaciones cotidianas y reales, como las que ira sorteando en su vida profesional.

El aprendizaje basado en retos requirió que los alumnos aprendieran a trabajar de manera colaborativa por lo cual fue necesario propiciar el trabajo en equipo en los grupos de clase.

El aprendizaje basado en retos tiene como una de las estrategias para resolver el problema y lograr el reto, el aprender a trabajar de manera colaborativa. Esta manera de trabajo requiere desarrollar habilidades en el alumno como la designación de un líder responsable de llevar al equipo al éxito, delegar tareas específicas a los integrantes, el supervisar la labor del equipo apoyando a los que tienen dudas o problemas, fomentar iniciativas de proactividad, y generar estrategias de abordaje del problema (Katzenbach, 2000). El trabajo colaborativo promueve que los alumnos generen estrategias de trabajo para lograr la solución de las tareas, como se observa en el siguiente extracto donde los estudiantes trabajaron en equipo para resolver un examen parcial grupal:

Alumno C: *OK, miren. Son solo cinco preguntas y todas están relacionadas al tema, por lo que propongo que todos vayamos haciendo una por una, al cabo si tenemos tiempo para responderlo, ¿qué opinan?* **Alumno A:** *las que se vean más difíciles las preguntamos aquí a todos y así quien sepa qué hacer, orienta a quien no lo sepa.*

Alumna F: yo voy anotando en un documento Word los avances que vayamos teniendo. **Alumno B:** cualquier observación podemos ponerla en el chat, y así todos las leemos (Diario III, p. 17, 23 septiembre 2020)

El trabajo colaborativo es entonces, una actividad social ya propia del ser humano. Para Aristóteles, el hombre es por naturaleza sociable necesitados de la sociedad y su cultura para poder trascender, de acuerdo a sus capacidades y la construcción de su cultura (Tovar, 2014), de allí que sea necesario promover el trabajo colaborativo para lograr el éxito de todos los involucrados, labor que el profesor promueve y enseña aunado a la cátedra de la química.

5.1.2 Estrategias para el desarrollo cognitivo

Las diferentes experiencias de aprendizaje que se ofrecen a los estudiantes promueven diferentes tipos de pensamiento. Marzano y Pickering (2005) mencionan tres tipos de pensamiento de orden superior que suelen estar presentes cuando los estudiantes desarrollan tareas complejas: pensamiento autorregulado, pensamiento crítico y pensamiento creativo. En la exposición de esta línea de análisis se busca identificar los diferentes tipos de pensamiento que se desarrollan a través de la realización de las actividades de aprendizaje propuestas por el docente.

El pensamiento autorregulado se desarrolla en los estudiantes al ofrecer a los alumnos experiencias o tareas donde sea necesario aplicarlos

Según Meece (1994) el pensamiento autorregulado es el proceso mediante el cual un estudiante controla su propio pensamiento, el afecto y la conducta mientras está adquiriendo conocimientos, habilidades o destrezas. (Meece (1994) citado en Lamas Rojas, 2008)

Para Marzano y Pickering (2005) el pensamiento autorregulado se refleja en las siguientes acciones: el planear de manera adecuada, el identificar los recursos y utilizarlos, el supervisar el pensamiento, el buscar la retroalimentación y modificar con base en lo obtenido, y el evaluar los resultados obtenidos (p. 3). En palabras del profesor, el autoaprendizaje debe desarrollarse en el estudiante ya que *“cuando lleguen a la vida profesional, tendrán que buscar recursos, acciones y evaluar lo logrado, para resolver un problema, porque esa es la razón por la cual fueron contratados, nadie les va a decir cómo hacerlo”*.

Se utilizan diversos recursos durante la clase, en tareas de investigación, en retos a vencer, etc., para que el alumno desarrolle el autoaprendizaje; en el laboratorio mencionando el objetivo a lograr, los reactivos a manejar y los puntos de seguridad a considerar, omite darles el procedimiento paso a paso sobre cómo desarrollar la práctica, para que ellos mismos utilicen el material de laboratorio que crean conveniente y auto aprendan con las actividades desarrolladas contra los resultados logrados.

En la siguiente evidencia, después de sostener por el grupo un acalorado debate sobre el agua alcalina: producto saludable o milagro, el alumno se cuestiona y realiza una autoobservación sobre su proceso de aprendizaje, actividades de la metacognición:

A partir de las conclusiones acerca del debate pudimos nuevamente reflexionar acerca de las verdades y hechos científicos, así como las mentiras que nos rodean hoy en día. De esta forma, con el tema del agua alcalina se sacaron a luz todas las mentiras mercadotécnicas que se utilizan y las pseudopruebas que se presentan para aprovecharse de la ignorancia de las personas y poder vender más. Tal como se dijo en clase, yo no estoy a favor o en contra de ningún tema en particular, sino en constante apoyo de la verdad y la honestidad, pues creo yo que eso es precisamente lo que se busca fomentar en ITESO. ¿Qué chiste tiene ser un ingeniero prestigioso, lleno de conocimientos y habilidades pero que a la hora de ejercer vende humo, mentiras y no apoya la verdad? Es por esto por lo que la frase de los jesuitas me encanta y es a lo que yo aspiro: "No se trata de formar a los mejores del mundo, sino a los mejores para el mundo". Espero así, seguir creciendo como alumno, como ingeniero y como persona, de tal forma que tenga mejores conocimientos y habilidades, pero nunca olvide la base de mi educación (Diario XI, p. 71, 25 marzo 2021)

En la siguiente evidencia, la exalumna da cuenta de todo este proceso de una manera clara desarrollando un pensamiento autorregulado:

a mí, la verdad, si me costaba trabajo como tomar esa disciplina propia [...] porque yo sentía que, simplemente no podía, o sea, hay veces que, si quería hasta tirar la toalla, de que a veces decía es que no puedo [...] Había aprendido los pasos para hacerlo de una manera correcta para la siguiente vez, o había aprendido, este, que yo, mi capacidad y mi mente eran capaces de realizar todos esos cálculos, de aprenderse todas esas fórmulas. [...] me despertó esas ganas de seguir buscando

más, de aprendiendo más, de que, no cualquier resultado que busques en internet es el correcto o es la respuesta, que de verdad tienes que comprometerte para llegar a hacer diferentes cosas (Entrevista II, p. 6, 24 de febrero 2021)

El aprendizaje autorregulado es un hábito mental que debe desarrollarse en el individuo, sobre todo el alumno en nivel universitario. La época en la que se le daba todo casi resuelto al alumno o que aprendía basándose en la memoria, al llegar al nivel universitario, se sustituye por el autoaprendizaje, en donde el alumno debe buscar lo que le haga falta, el hacerse de recursos e información que no vienen ya del docente para encontrar la solución.

El profesor mediante las estrategias y diferentes recursos y herramientas promueve en el alumno el pensamiento crítico, invitándolo a dudar de todo hasta que él mismo lo compruebe

El docente utiliza ejemplos de la vida cotidiana y se proponen como situaciones de aprendizaje. En este caso, para promover el pensamiento crítico se propone un debate sobre el uso del dióxido de cloro para tratar el COVID-19, donde los alumnos identifiquen hechos, opiniones, datos sustentados y creencias erróneas, etc. Esto implicó para los alumnos a que presentaran su posición fundamentada científicamente ante el grupo, y al final de la sesión se concluiría sobre este compuesto y su práctica para cuestionar lo que se lee o escucha, y para divulgar siempre la verdad científica.

La siguiente evidencia muestra como emplear este tipo de experiencias genera en el estudiante, una actitud de pensamiento autorregulado y de ser críticos en toda la información que reciben día a día:

Me agradó bastante la actividad de investigación que nos dejó para esta semana, porque me hizo darme cuenta de varias cosas. En primer lugar, que como ingenieros y futuros profesionales en el ámbito científico debemos estar en constante actualización sobre toda la información que circula diariamente relacionada a nuestro campo, pues en nosotros cae parte de la responsabilidad de que se distribuyan datos certeros y afirmaciones verídicas, para evitar que el resto de la población caiga en los engaños. (Diario IX, p. 58, 28 enero 2021)

Una evidencia más de los resultados obtenido con este caso de estudio; en esta la alumna se cuestiona sobre su actitud ante la investigación y el ser escépticos para posteriormente comprobar y lograr resultados verídicos, acciones resultantes de ejercer un pensamiento crítico:

Esta actividad me gustó mucho porque cuando mi equipo y yo hicimos la investigación nos sentíamos perdidos por las múltiples posibilidades de formato para hacerlo y al ver las diferentes maneras que hicieron nuestros compañeros nos da una idea de cómo hacer una buena investigación para nuestros futuros trabajos. De esta clase aprendí a dudar de toda información que me encuentre en internet (Diario IX, p. 57, 28 enero 2021)

El profesor promueve que el estudiante mediante el pensamiento autorregulado desarrolle el aprendizaje independiente

Llegar a la universidad es un shock para el estudiante al darse cuenta de que el esfuerzo que venía desarrollando ya no es suficiente para la etapa universitaria.

El profesor acompaña al estudiante y le ayuda a detectar sus errores, la misma lectura del problema, la estrategia abordada, el método, etc., para que, en los siguientes casos, sepa cómo afrontar esa problemática. La siguiente viñeta es la reflexión de una alumna en etapa de transición de la metodología de aprendizaje anterior – educación media superior – a la que estaba acostumbrada, y su nueva realidad universitaria. Presenta ya intentos de autoaprendizaje, pero no son suficientes:

me esforcé en este examen [...] estudié mucho porque realmente no entendía NADA, en clase se veía fácil con ayuda del maestro, pero ya haciendo solos cada ejercicio, de verdad era complicado, y sin embargo estuve intentando hasta que salieran correctos y pudiera comprender un tanto más los temas. A pesar de ello no logré sacar una buena nota y eso de verdad que es muy frustrante porque ninguno de mis compañeros ni yo hemos podido aprobar tan siquiera un examen (Diario XII, p. 71, 31 marzo 2020)

Este tipo de situaciones son comunes cuando confronta el alumno el esfuerzo realizado contra los resultados obtenidos. Para acompañar al estudiante en estos momentos, el profesor lo guía a que el alumno mismo encuentre la solución en cada uno de los problemas fallados, y se dé cuenta que requiere comprensión de lo que está leyendo, y no más actividades memorísticas como comúnmente viene acostumbrado.

La siguiente evidencia, la cual forma parte de la anterior, es una autorreflexión sobre sus resultados, la “nueva normalidad” de la pandemia de COVID-19, y su pensamiento crítico donde descubre que su esfuerzo no es suficiente para su vida universitaria. Al final la nota

obtenida fue de 7.2 para un grupo cuyo promedio fue de 6.83. En este caso específico se acordó con ella y con el grupo sobre reuniones extra-clase, para practicar lectura y comprensión del tema, estrategias de resolución de problemas, y aclaración de dudas específicas:

[...]seguiré tratando de esforzarme más, ya que ahora la situación en la que estamos es más tediosa para nosotros como alumnos porque es más difícil de comprender los temas [...] sólo queda echarle muchas más ganas y seguir siendo resilientes y aguantadores en esta situación con la escuela. Me comprometo a estudiar más y aprovecharme de todas mis herramientas de estudio, ya que al parecer no es suficiente el esfuerzo que he llegado a hacer, así que pues eso, más esfuerzo y dedicación (Diario XII, p. 72, 31 marzo 2020)

La labor docente debe apoyar a que el estudiante sea capaz de desarrollar pensamiento complejo: pensamiento autorregulado – autoaprendizaje –, pensamiento creativo – innovar lo ya establecido, perseverar, dispuesto a cambiar – y pensamiento crítico – reflexivo y autorreflexivo, motivación – ya que son herramientas cognitivas que le apoyarán su vida profesional y comunitaria. Para lograr esto, es importante cerrar cada actividad con el grupo concluyendo sobre aprendizajes específicos y su aportación hacia la carrera de cada uno de ellos, y que sean expresados por cada estudiante del grupo.

5.1.3 Recursos empleados en la práctica educativa para la enseñanza de la química

En esta línea de análisis se identifican los recursos utilizados por el profesor para fortalecer o apoyar la práctica educativa, los cuales incluyen vídeos, prácticas realizadas en aula por el profesor y en laboratorio por los alumnos, etc.; asimismo, se analizan sus características y los objetivos de su utilización durante las sesiones.

Para comprender y disfrutar la química, la instrucción cambió del pizarrón/libro a la experimentación en vivo

Las ciencias exactas requieren tanto para aprender de ellas como el enseñarlas, que la instrucción no esté centrada exclusivamente en la teoría, sino que el estudiante y el profesor puedan aplicar ese conocimiento para resolver un caso específico, mediante la experimentación. El trabajo práctico es el andamiaje de la educación científica, no solo el apoyo, ya que este permite la experimentación de fenómenos abordados por la ciencia,

además de que desarrolla habilidades intelectuales y prácticas necesarias para la correcta ejecución profesional de la persona (Carrillo-Chávez et al., 2018).

El profesor desarrolla una gran variedad de experimentos en el aula ya que una reacción química escrita en el pizarrón no es comprendida en su totalidad por los estudiantes hasta que observan la reacción en vivo, y se perciban por todos los sentidos.

Un ejemplo de esto es el desarrollo del capítulo de reacciones en disolución acuosa del curso de Química General I, donde se abordan hasta nueve tipos de reacciones químicas, el mezclar dos soluciones transparentes y permitir que el alumno observe la aparición de un sólido de diferente color, depositándose en el fondo del vaso (ver figura 16); esta práctica le da sentido y significado a la reacción de precipitación del yoduro de plomo II escrita previamente en el pizarrón. En esa sesión el profesor muestra en vivo los nueve tipos de reacciones, con el objetivo que el alumno pueda asombrarse y comprobar la teoría escrita.



Figura 16 Reacción de precipitación del yoduro de plomo II (tomada de Zamora Plata, s/f)

En la siguiente evidencia se observa la respuesta de una estudiante después de haber participado en la sesión donde se estudiaron y demostraron siete de los nueve tipos de reacciones:

El profesor nos mostró los diferentes tipos de reacciones en donde soluciones sin color al mezclarse aparecían de repente nuevos compuestos que se precipitaban, como cristales de plata por la reacción que hizo con nitrato de plata y sal de mesa, como desapareció el color azul de sulfato cúprico y apareció un compuesto blanco azulado que se iba al fondo, y el más bonito, el yoduro de plomo amarillo que

también quedo precipitado completamente. Estuvo genial la clase, gracias por enseñarnos tanto 😊 (Diario VI, p. 38, 27 de octubre 2020)

Se puede apreciar como la estudiante fue atrapada en el desarrollo de muchas de las reacciones presentadas, detonando asombro en estos descubrimientos, acciones que en el pizarrón nunca hubieran aparecido, de allí la importancia de saltar del pizarrón a la práctica cuando se quiere enseñar química.

La química como ciencia exacta se presentó al estudiante en situaciones que se asemejan a la realidad para lograr su comprensión

El estudio de casos reales y actuales es uno de los recursos que el docente emplea para lograr que los estudiantes logren la comprensión profunda de los fenómenos. Jaramillo et al. (2004) señala que la persona comprende la realidad cuando puede explicar, demostrar y dar ejemplos, generalizar, hacer analogías y describir el conocimiento con sus propias palabras; hasta entonces se puede decir que el estudiante ha comprendido ese conocimiento. No son suficientes las prácticas en el aula o en el laboratorio para poder enfrentar al alumno desde la química con la realidad, se requiere que los alumnos aborden el análisis de casos de estudio basados en situaciones reales y actuales.

Una práctica continua del profesor es la búsqueda de situaciones actuales en noticieros, periódicos, etc., de ámbito local, regional, nacional e inclusive mundial – como el caso de la pandemia del COVID-19 –, etc., para generar recursos de aprendizaje (problemas, soluciones, casos de estudio, prácticas) que el estudiante pueda relacionar con la teoría y su aplicación en esa situación en específico. Para ello, es necesario que el docente se mantenga actualizado, atento a la realidad, con una actitud de discernimiento y mente abierta que permita encontrar campos fértiles de aplicación de la teoría en ese momento histórico en curso.

Aprovechando los argumentos encontrados en diversas fuentes de información – redes sociales, noticieros, etc. – sobre el uso o no del dióxido de cloro $\text{ClO}_{2(g)}$ para luchar contra el virus SARS-COV-II, se diseñó un caso de estudio donde cada equipo de trabajo debía mostrar sus resultados y conclusiones para el uso o no, respondiendo las preguntas sobre si es bueno o no su uso, argumentando científicamente sus aseveraciones, identificando las reacciones químicas y tipificándolas, etc., de este compuesto que ha cobrado mucha popularidad por su

supuesta efectividad contra el virus (extracto de la información publicada en CANVAS para esta actividad, 2021).

Lo interesante de este tipo de material es que un caso de estudio puede o no, volver a repetirse en semestres posteriores, ya que lo que se busca es estar actualizado a la situación del momento. Esto hace más enriquecedor y retador su utilización.

Las situaciones actuales y del mundo real se pueden llevar también al laboratorio transformando la práctica de una sesión teórica descontextualizada, en una sesión vinculada a la realidad cotidiana que le permita al estudiante encontrar en su contexto cultural la comprobación de la teoría.

Una constante en la práctica educativa del profesor fue la incorporación de prácticas aplicadas a situaciones y actividades de la vida cotidiana para que el alumno encuentre la química a su alcance

Una constante en la práctica educativa del profesor es la incorporación de prácticas aplicadas de los contenidos teóricos a situaciones y actividades concretas de la vida cotidiana, como puede ser la elaboración de mermeladas, chiles en escabeche (figura 17), control de calidad de leche, elaboración de rompope donde se aplica la medición de pH, determinación de hierro en vino blanco, etc.

Este tipo de actividades genera en los alumnos sentido e interés respecto a los contenidos que se abordan, identificando en lo cotidiano la aplicación del conocimiento teórico de la química, como lo expresa una exalumna egresada de ingeniería en biotecnología:

Lo que aprendí contigo en tus clases fue la de encontrar más libertad de explorar la ciencia y la química desde otro ángulo, poco más didáctico, no sé, no encuentro quizás las palabras. Recuerdo mucho en ese segundo semestre las prácticas de química II como alimentos, pero enfocado a los temas que estábamos viendo en clase [...] Eso me quedó muy grabado como, algo, no se simbólico, como algo cotidiano, y que detrás de esa cotidianeidad, podamos encontrar ciencia y explicación científica a lo que estaba sucediendo. Y era muy diferente como a las otras clases, por ejemplo, cálculo es cálculo y allí se acababa y no salía del salón de clases. Pero química como que, si me lo podía llevar a mi vida cotidiana, por ejemplo, a veces, al estar cocinando me acordaba de las clases... y eso me gustaba mucho pues, y pues, creo que sí faltan más clases como de esa forma. (Entrevista I, p. 3, 24 de febrero 2021)



Figura 17 Alumnos de Química general II en el laboratorio (material inédito del profesor, 2019)

La selección de recursos y herramientas surge de una cuidadosa reflexión del docente sobre el objetivo, el contexto y el contenido teórico a abordar

Para un tema en específico del curso, el profesor utiliza diversas herramientas que ayuden tanto a la comprensión del tema en cuestión, como que ayuden a la reflexión del estudiante, y que sirvan de andamio para la o las estrategias de enseñanza-aprendizaje en curso en ese momento de la práctica educativa.

A manera de ejemplo de cómo se van utilizando y entretejiendo los recursos o herramientas para un tema específico, se presenta como evidencia el tema de la tabla periódica de los elementos (TPE):

Se inicia este tema organizando al grupo de estudiantes en cinco o seis equipos de trabajo; cada equipo realizará una gráfica donde el eje de las abscisas – o eje X – será el número atómico de los elementos, y el eje de las ordenadas – o eje Y – podrá consignar diversos parámetros fisicoquímicos de los elementos, uno por equipo. Los más comunes son: la masa atómica (g/mol), el punto de fusión (K), el punto de ebullición (K), la densidad (g/mL), la electronegatividad (escala Pauling), y el radio atómico (pm).

Cada equipo debe graficar los siete periodos dividiéndolos entre ellos, observar el comportamiento gráfico del parámetro asignado y llegar a conclusiones químicas que intenten explicar el comportamiento observado. Todo esto lo deben exponer al grupo. Al final de las exposiciones, todos los equipos empalman sus gráficas, una sobre otra, y dado que el eje X es el mismo para todos, podrán empalmar los diversos comportamientos gráficos de todos los parámetros fisicoquímicos (ver figura 18) (narrativa del caso de estudio La Tabla Periódica, Feb 2021).

Esta dinámica sirve de base para el trabajo colaborativo, en primer lugar, en cada equipo y posteriormente de todo el grupo al sumar los resultados de todos los equipos en un solo gráfico, para observar similitudes, tendencias, antagonismos, o cualquier otro tipo de comportamiento global. Desde este punto causa extrañeza en los estudiantes el poder graficar temperatura con masa, con densidad, con comportamiento electrónico, con distancia – en otras palabras, graficar peras con aviones, casas, animales días de la semana, etc., en un solo documento –, y el asombro se da cuando encuentran que, a pesar de ser parámetros tan diferentes, el comportamiento periódico de la materia se delinea perfectamente entre cada parámetro, siguiendo las mismas tendencias tanto en familias como en periodos.

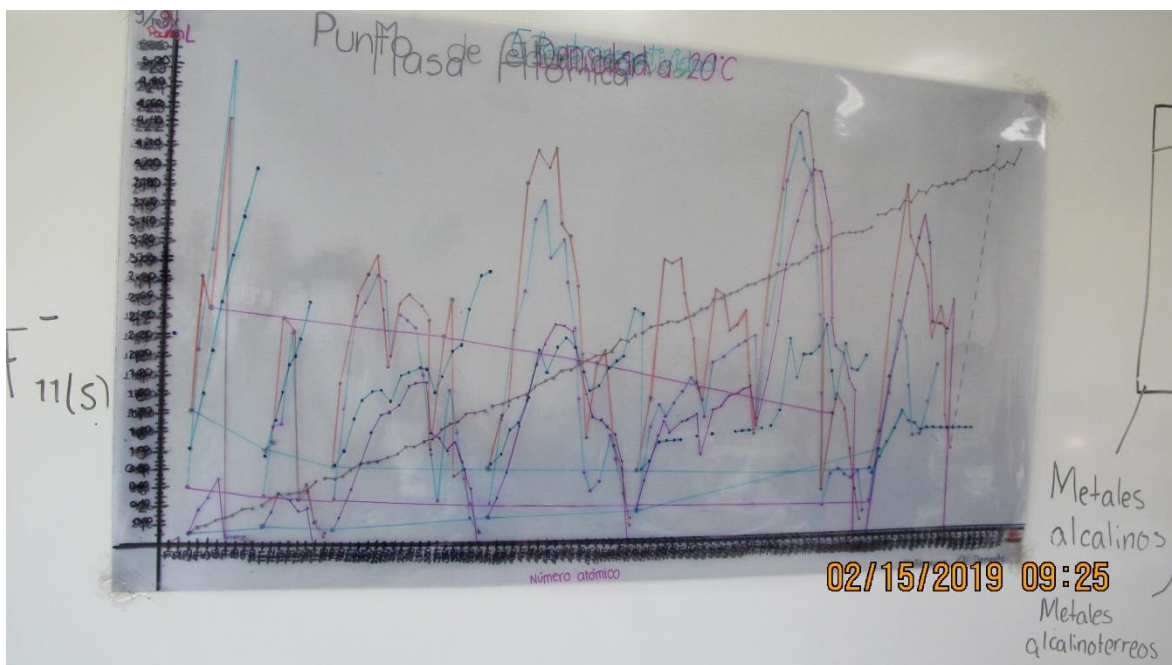


Figura 18 Gráfica de los elementos de la TPE (material inédito del profesor, 2019)

Acto seguido el profesor enaltece el descubrimiento de Dimitri Mendeleiev cuando por serendipia (Monsalve, 2011) encontró ese comportamiento, de allí el nombre de tabla periódica de los elementos (García-Sánchez, 2004), y que le permitió en su época (1800) predecir la existencia de elementos que no habían sido descubiertos. Para reforzar el asombro causado, el profesor mediante cuatro reacciones químicas efectuadas en el aula demuestra el comportamiento químico tan parecido entre elementos de la misma familia – alcalinos o alcalinotérreos – y tan diferentes del mismo periodo – periodos III y IV –. Estas reacciones se refuerzan con un vídeo (Brainiac, 2007) (<https://www.youtube.com/watch?v=lcVqu-DN6HQ&t=3s>) en el que se exhibe el comportamiento de la familia de metales alcalinos, donde se ve la reacción tan explosiva y creciente de los metales con agua al ir bajando de periodo – como lo predice la electronegatividad en la posición que guardan en la tabla periódica de los elementos (ver figura 19) (narrativa del caso de estudio La Tabla Periódica, Feb 2021).



Figura 19 Vídeo del comportamiento de la familia IA al reaccionar con agua (tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=lcVqu-DN6HQ&t=3s>)

Como se puede apreciar en esta sesión, existen varias herramientas de refuerzo a la teoría del tema y a la práctica educativa específica de esa sesión en especial. Se identifica el trabajo colaborativo en pequeños equipos y en la totalidad del grupo, se realizan reacciones químicas en el aula, se observa un vídeo en la plataforma YouTube (figura 19), se trabaja en

mesas de discusión sobre la preparación, el desarrollo y la interpretación de los resultados, material visual de apoyo desarrollado por la editorial del libro de texto, etc.

La apuesta del profesor en esta sesión es causar el asombro al observar y estudiar la tabla periódica de los elementos, desde una óptica que nunca habían visualizado los estudiantes, y que se asombren al encontrar que muchos de los avances científicos se han dado por la serendipia. La siguiente viñeta es evidencia de lo mencionado:

Pues no estábamos preparados para la esta clase, si en la clase anterior habíamos quedado confundidos y sorprendidos lo que vimos hoy le hizo esto a la clase de ayer (Clase)², muchas más gráficas similares, te hacen querer haber visto esto en la prepa, sin duda no veremos a la tabla periódica de la misma manera y me siento más nerd que antes. Me gustó ver los vídeos acompañados de las explicaciones que dio el profe... (Diario XIII, p. 79, 10 febrero 2021)

La clase se planea en función del objetivo a lograr y en la misma sesión el profesor entreteje diferentes tipos de actividades y recursos para lograr el aprendizaje del contenido temático, pero sobre todo para lograr el objetivo de la clase que se enfoca a desarrollar una comprensión más profunda del tema, el desarrollar competencias profesionales y el promover una actitud ante la ciencia.

Los instrumentos de evaluación que utiliza el profesor son diversos, nada comunes, y su utilización está en función del momento de la clase o la sesión misma

El profesor emplea diversos instrumentos de evaluación que más que medir “lo que recuerda el alumno”, busca encontrar pensamiento de orden superior, como lo marca la taxonomía de Bloom (*Taxonomía de Bloom, s/f*): el nivel de comprensión del tema, y cómo lo puede aplicar, analizar e inclusive crear, en su entorno, en su cultura, etc.

Uno de los instrumentos de evaluación es el OMP (*One Minute Paper*) (Chizmar y Ostrosky, 1998; Ross y Angelo, 2001) con el cual recibe retroalimentación particular de cada alumno sobre la comprensión lograda del tema visto en esa clase, dudas puntuales expresadas y sugerencias de mejora continua a la clase, siendo es su manera de tomar asistencia.

Esta actividad se desarrollaba antes de la pandemia del COVID-19 en los últimos dos minutos de clase, el alumno redactaba en un papel de 14x10.5cm de un lado el resumen y del otro las dudas y/o sugerencias que tuviera; el profesor la siguiente sesión resolvía dudas, errores de comprensión y leía las sugerencias al inicio. Ahora con los tiempos de pandemia,

en lugar de un papel, se realiza por correo electrónico que el alumno debe enviar para registrar su asistencia a la sesión.

En la siguiente evidencia enviada por correo electrónico como su asistencia a la sesión, durante la actividad experimental realizada en su casa y videograbada sobre el tema de electrolitos, se muestra cómo el alumno integró el conocimiento y emite conclusiones, mostrando comprensión del tema:

Se puede concluir que la sal es un electrolito fuerte ya que parece ser un compuesto que, al disolverse en agua, se separa en iones, lo que permite que se pueda conducir electricidad muy efectivamente y es esto lo que causa la fuerte intensidad al encender el foco. Por otro lado, la intensidad de las otras dos disoluciones fue mucho más débil. La razón por la que el agua de la llave condujo la electricidad es por las sales que contiene. Si hubiera usado agua destilada, el foco no se hubiera encendido. Es posible que el foco se encendió al usar el agua con azúcar por esta misma razón ya que normalmente, el azúcar es un compuesto no electrolito (Diario IV, p. 35, 30 sep. 2020)

El instrumento permite identificar las confusiones en la comprensión de los contenidos, lo cual permite que el profesor ajuste su práctica y en la siguiente sesión, el profesor aclare dudas a todo el grupo.

Los exámenes parciales están diseñados para evaluar el conocimiento teórico desde la óptica de problemas basados en la vida real y no del libro de texto. Productos, medicamentos, etc., de uso común son analizados desde el tema del capítulo con la idea de que el estudiante encuentre la teoría química en su cotidianeidad. Cabe mencionar que estos exámenes son abordados desde el trabajo individual hasta el colaborativo.

En seguida se presenta una muestra de los problemas incluidos en el examen, donde se aborda un antiácido muy conocido, y el alumno debe aprender a vincular el conocimiento teórico con la situación concreta para evaluar la efectividad del producto, de esta manera se puede corroborar que logró la comprensión de la teoría y se apropió del conocimiento:

Melox® es un medicamento de venta libre – sin receta médica – indicado contra la acidez estomacal. Sus dos compuestos activos son el hidróxido de aluminio y el hidróxido de magnesio. Una pastilla de Melox® contiene 200.0mg de hidróxido de aluminio desecado y 200mg de hidróxido de magnesio (Access Medicina, 2020). En

un experimento de laboratorio simulando la concentración de ácido clorhídrico en el estómago cuando se tiene acidez estomacal, se hizo reaccionar una pastilla de Melox® con 35 mL de ácido clorhídrico al 32% en masa (densidad a 37°C – temperatura corporal – es 1.16 g/mL). Escribe la reacción balanceada. ¿La pastilla de Melox® reaccionará completamente? (S/N) justifica químicamente tu respuesta. ¿Cuántos mg se formarán de cloruro de aluminio?, ¿y de cloruro de magnesio? Si el porcentaje de rendimiento es de 93%, ¿Cuántos mg se producen de cloruro de aluminio? (tomado del examen III Química General I primavera 2021, material inédito del profesor)

Los casos de estudio fueron otro recurso empleado como reto a nivel de trabajo en clase, o como examen del capítulo. En la evidencia queda claro la parte académica abordada desde el aprendizaje basado en retos (ABR):

Caso de estudio: pH en un medicamento de venta libre

Trabajen en equipo y suban un solo trabajo con sus procedimientos y resultados. Tip importante: analicen los componentes de la fórmula según el valor de su constante de equilibrio. Para resolver este caso deben recordar temas como nomenclatura, reactivo limitante, estequiometría, equilibrio iónico I y II (ión común), Le Chatelier. Sería buena idea que disolvieran el contenido de un sobre en agua y vieran la reacción burbujeante antes de que sea ingerido.

Tal vez al ver este ejercicio se sientan temerosos de saber ni por dónde empezar; les pido que discutan en equipo, planteen la situación, analícenla desde el punto de vista del curso, y lograrán el reto:

La acidez estomacal, la gastritis y las agruras, son malestares más o menos comunes en la población universitaria debida a la dieta excipiente que tienen los estudiantes, y a abusos en comidas picantes, irritantes, alcohol, grasas, bebidas carbonatadas, etc. El estrés agudiza estos malestares. En la mayoría de los casos no es causa de preocupación. La mayoría de las personas pueden controlar la molestia de la acidez estomacal con cambios en el estilo de vida y medicamentos de venta libre. Uno de los medicamentos de venta libre es la Sal de Uvas Picot® cuya publicidad asegura curar esta sintomatología. Si se disuelve el contenido de un sobre de 5.00g de Sal de uvas Picot en 400mL de agua descarbonatada (pH del agua antes de la disolución=7.0), ¿qué pH tendrá la disolución final? Y al parecer

de ustedes, ¿es un buen medicamento paliativo contra las agruras o acidez estomacal (S/N), por qué?

El sobre de Sal de Uvas contiene lo siguiente:

- NaHCO_3 : 2.485g (bicarbonato de sodio)
- $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$: 0.2165g (ácido cítrico)
- $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$: 1.9485g (ácido tartárico) (tomado de la información publicada en CANVAS, 30 abril 2021)

En la práctica educativa del profesor, no existe una división marcada entre las diferentes estrategias y tipos de pensamiento complejo, sino que en la situación o experiencia que se planean para cada sesión, se entretajan diferentes recursos al mismo tiempo. También se encontró que el trabajo colaborativo se encontró en la mayoría de las sesiones mientras que el trabajo individual se desarrolla en diferentes temas del curso.

Por otra parte, la propuesta principal para desarrollar las actividades es el aprendizaje basado en retos y dentro del desarrollo de esta propuesta, se impulsa el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje por asombro, el aprendizaje a partir del error, apuntalados por la lectura reflexiva, contemplativa y puesta en acción que brinda la Lectio Divina. Una característica presente es que se busca proponer actividades y casos de estudio basados en la vida real y en la actualidad, para que los alumnos vinculen los contenidos a la vida real y cotidiana.

Otro tema por resaltar es la evaluación continua y el proceso de metacognición que el profesor impulsa en los alumnos, a través de los comentarios que hacen al final de cada sesión en su OMP de asistencia. Este punto es importante porque esta práctica ayuda a los alumnos a darse cuenta de lo que aprenden y cómo lo aprenden. También es importante resaltar que el hecho de recibir retroalimentación continua sirve para que el profesor tome el pulso y de seguimiento puntual a la evolución del proceso de enseñanza-aprendizaje.

5.2 Conocimiento estructural

El conocimiento estructural o también nombrado capital estructural, es el conocimiento que reside en una organización, y que se ha logrado estructurar, sistematizar, empaquetar y que puede ser compartido. Incluye todo conocimiento estructurado de los que depende la eficiencia interna de la organización (E. Martínez, 2003). En el caso de este proyecto es

precisamente como fruto de la sistematización y materialización de la práctica educativa del profesor, acrecentar el conocimiento estructural del departamento, con las prácticas y casos de estudio que el profesor utiliza en su práctica educativa, prácticas innovadoras y diferentes a las que comúnmente se realizan en la academia y que son descritas en la sección anterior de este capítulo.

A partir del proceso de explicitación y sistematización se pueden materializar varios productos de conocimiento como son:

- a. la Guía de Dinámicas grupales en la que se plasmaron las dinámicas empleadas por el docente en sus clases con sus grupos, dándoles el giro hacia la asignatura en curso y al tema que se está tratando en ese momento,
- b. el Manual de Prácticas de Laboratorio, una colección de prácticas que pretenden seguir los mismos objetivos del manual anterior.

5.2.1 Guía de Dinámicas grupales

La Guía de Dinámicas grupales es un documento en donde se compilaron las diferentes dinámicas grupales utilizadas como herramientas en la práctica educativa del profesor, en las sesiones principalmente teóricas – aunque han existido algunas realizadas en la sesión práctica de laboratorio –. Se entiende por dinámica grupal a una experiencia social donde sucede un aprendizaje completo en donde convergen diferentes estrategias de aprendizaje y este es trasladado a lo cotidiano (Banz, 2015). Caviedes (1998) añade que en una dinámica grupal se “dinamiza internamente a cada participante, promoviendo la introspección y la reflexión (citado en Banz, 2015, p.1).

Se presenta un ejemplo de una de las dinámicas. Específicamente esta, fue utilizada el semestre de primavera 2021 en el grupo de Química Analítica e Instrumental. La dinámica se presentó de la siguiente manera:

Nombre de la dinámica: Ejercicio grupal- pH de disoluciones
Objetivo principal: que el alumno sea capaz de resolver un problema basado en la disolución de un medicamento paliativo de amplio uso hoy en día, aplicando el conocimiento teórico adquirido de pH, equilibrio iónico, química de las disoluciones aplicadas a la salud y consumo humano.
Objetivo secundario: que el alumno desarrolle con un pensamiento crítico las aptitudes y actitudes para resolver con la teoría, un problema netamente cotidiano. Que desarrolle el pensamiento creativo para

trabajando colaborativamente, diseñe y ponga en práctica las estrategias que los lleven a dar resultados. Que desde el autoaprendizaje pueda discernir sobre los conceptos teóricos y habilidades lógico-matemáticas para lograr el resultado solicitado.

Propósitos por lograr con esta dinámica:

- fomentar el trabajo colaborativo,
- asemejar el reto a una experiencia posible ya en el mundo laboral donde la información dada en el inicio es escueta y el profesionista debe buscar los recursos necesarios para resolver el reto,
- trabajo orientado a resultados,
- buscar la verdad basado en la ciencia y evitar la desinformación que conlleva a la pseudociencia, y
- que el alumno lleve este conocimiento hacia la construcción de su zona de desarrollo próximo

- **Reto por resolver:** El Alka Seltzer® de Bayer es un medicamento desarrollado y fabricado por Bayer, el cual una pastilla tiene 326mg de ácido acetilsalicílico (180.16 g/mol), 1,000mg de ácido cítrico (192.12 g/mol) y 1,976mg de bicarbonato de sodio. La palabra Alka-Seltzer proviene de Alka "álcali" y Seltzer una población alemana rica en fuentes minerales. Es un medicamento de libre venta para el tratamiento del dolor de cabeza y acidez estomacal. Si se disuelve una pastilla en agua suficiente para dar un volumen final de 325mL, a) calculen el pH que tendrá la disolución final de este medicamento, y b) ¿existe algo raro entre su resultado y los propósitos del medicamento? Asuman para este caso que:

- el excipiente es inerte y no afecta al pH final de la disolución, y
- se utilizó agua destilada descarbonatada, por lo que se puede despreciar el que tenga CO₂ disuelto previamente y por ende, su posible afectación al pH final.

- **Información provista:**

- Ingredientes de una tableta de Alka-Seltzer:

▪ C ₉ H ₈ O ₄ :	326.0mg	(ácido acetilsalicílico)
▪ C ₆ H ₈ O ₇ :	1,000.0mg	(ácido cítrico)
▪ NaHCO ₃ :	1,976.0mg	(bicarbonato de sodio)

- **Forma de trabajo:** Se resolverá en forma colaborativa (trabajo grupal) involucrando al 100% del grupo en un solo equipo de trabajo, debiendo entregar un documento final con la respuesta justificada a las dos preguntas; este documento debe incluir el procedimiento de cálculos realizados para llegar al resultado final. El documento final se subirá al buzón de la plataforma CANVAS, el cual cierra a las tres horas posteriores al inicio de la actividad. Se instó al grupo a que utilizaran la videoconferencia en TEAMS como la sala en donde se llevara a cabo el diálogo, la organización, el trabajo colaborativo, para que quedara como evidencia documentada de esta dinámica

- **Periodo:** tres horas a partir del inicio de la actividad

- **Solución:**

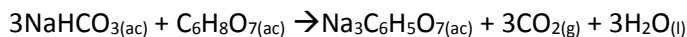
Paso 1. Convertir a moles las cantidades en gramos:

$$326\text{mg AAS} \times (1\text{g}/1000\text{mg}) \times (1\text{ mol}/180.16\text{g}) = 1.81 \times 10^{-3}\text{ mol de Ac. Acetilsalicílico}$$

$$1,000\text{mg AC} \times (1\text{g}/1000\text{mg}) \times (1\text{ mol}/192.12\text{g}) = 5.21 \times 10^{-3}\text{ mol de Ac. Cítrico}$$

1,976mg NaHCO₃ x (1g/1000mg)x(1 mol/84g) = 2.35x10⁻² mol de Bicarbonato de Sodio

Paso 2. Reacción química involucrada y reactivos presentes (limitante, en exceso y espectadores). Al colocar la pastilla en agua empieza a burbujear indicando la presencia de CO₂. Esto lo hace el fabricante para dispersar los ingredientes activos y su bioasimilación sea más rápida:



React limitante:

- NaHCO₃ 2.35x10⁻²mol x (1 mol Ac.Cítrico/3 mol NaHCO₃)=7.83x10⁻³ Ac. Cítrico
- Ac.Cítrico 5.21x10⁻³mol x (3 mol NaHCO₃/1 mol Ac.Cítrico)=1.56x10⁻² mol Bicarb
- Por lo tanto, reactivo limitante **ácido cítrico**

Compuestos presentes después de la efervescencia (dispersión de reactivos):

5.21x10⁻³ mol de citrato de sodio, (2.35x10⁻² mol – 1.56x10⁻² mol) = 7.9x10⁻³ mol de bicarbonato sobrantes, 1.81x10⁻³mol ácido acetilsalicílico, disueltos en 325mL de volumen final.

Paso 3. Identificación de reactivos presentes que afectan el pH final de la disolución. Los tres tienen pares conjugados que hidrolizan el agua, por lo tanto, afectan el pH. El catión sodio (Na⁺) ya no está considerado por ser un par conjugado débil. Los reactivos son los siguientes:

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}] = 0.016\text{M} \quad \text{Kb}_1=1.32 \times 10^{-11}, \text{Kb}_2=5.75 \times 10^{-10}, \text{Kb}_3=2.52 \times 10^{-8}$$

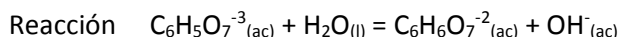
$$[\text{HCO}_3^-] = 0.024\text{M} \quad \text{Kb}_1=2.38 \times 10^{-8}$$

$$[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4] = 0.0057\text{M} \quad \text{Ka}=3.31 \times 10^{-4}$$

Analizando el valor de las constantes para el caso del anión citrato, por el tamaño de estas constantes, la única que realmente afecta el pH es la Kb₃ Citrato³⁻=CitratoH²⁻. Las otras dos son muy pequeñas.

Paso 4. Cuantificación de [OH⁻] producidos y valor de pH alcanzado:

- 1er equilibrio: Anión citrato = Anión citrato monoácido



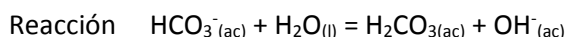
$$\text{T=0} \quad 0.016 \quad - \quad 0 \quad 0$$

$$\text{T=eq} \quad \underline{-x \quad - \quad x \quad x}$$

$$\text{Cambio} \quad 0.016-x \quad - \quad x \quad x$$

$$\text{Kb}_3 = 2.52 \times 10^{-8} = \frac{x^2}{(0.016-x)} \quad x=[\text{OH}^-] = \mathbf{2.01 \times 10^{-5} \text{M}}$$

- 2do equilibrio: Anión bicarbonato = Ácido carbónico



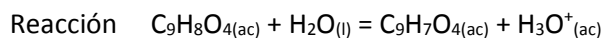
$$\text{T=0} \quad 0.024 \quad - \quad 0 \quad 2.01 \times 10^{-5}$$

$$\text{T=eq} \quad \underline{-x \quad - \quad x \quad x}$$

$$\text{Cambio} \quad 0.024-x \quad - \quad x \quad x+2.01 \times 10^{-5}$$

$$\text{Kb}_1 = 2.38 \times 10^{-8} = \frac{x(2.01 \times 10^{-5} + x)}{(0.024-x)} \quad x=[\text{OH}^-] = \mathbf{1.59 \times 10^{-5} \text{M}}$$

- 3er equilibrio: Ácido acetilsalicílico = Anión acetilsalicilato



T=0 0.0057 - 0 0

T=eq -x - x x

Cambio 0.0057-x - x x

$K_a = 3.31 \times 10^{-4} = X^2 / (0.0057 - x)$ $x = [H_3O^+] = 1.22 \times 10^{-3} M$

Paso 5. Cantidad de hidronios y oxhidrilos formados y valor alcanzado de pH



T=0 0.00122 $1.59 \times 10^{-5} + 2.01 \times 10^{-5}$ -

3.60×10^{-5}

-3.60×10^{-5} -3.60×10^{-5} -

Neto 1.184×10^{-3} 0 -

$[H_3O^+] = 1.184 \times 10^{-3} M$ pH = 2.93

Respuestas: el pH final de la disolución de la pastilla de Alka Seltzer en agua es de 2.93 Con este pH y los compuestos en la disolución se concluye químicamente que, como analgésico, es bueno este medicamento, mientras que, como antiácido, no lo es. En lugar de proveer la manera de neutralizar la acidez estomacal, la promueve por su pH ácido. Por lo tanto, existe una contradicción en sus usos como medicamento, y lo más curioso es que lleve tanto tiempo anunciado esto y nadie le haya puesto un alto a esta pseudo-información. (tomada de la información publicada en CANVAS, 2021)

5.2.2 Manual de prácticas de laboratorio

El Manual de prácticas de laboratorio es un documento en donde se han ido coleccionando las prácticas realizadas en los laboratorios de química y el laboratorio de operaciones unitarias, las cuales han sido desarrolladas en diferentes asignaturas en donde el profesor ha participado. Todas las prácticas compiladas en este documento han sido prácticas anteriores a que se desarrollara el cambio en la práctica educativa; además, se han incluido prácticas nuevas o modificaciones a las ya existentes, propuestas por el profesor en aras de buscar comprensión del tema, de mayor significado hacia el alumno y su cultura, o de interés social, para que el alumno desarrolle su red de conocimientos aterrizados en su vida cotidiana, de su comunidad, inclusive como posible detonador de emprendurismo, pudiendo ser el iniciador de una idea novedosa, oportunidad, (Wolters Kluwer, 2021), etc.

El Manual de Laboratorio de Prácticas de Química es un documento en donde se han ido compilando prácticas de laboratorio de ambos cursos de química. Se encuentra

actualmente en revisión para utilizarlo como evidencia en la recertificación del CACEI del 2021-2022. Se presenta un ejemplo de estas prácticas:

BALANCE DE MATERIA EN RÉGIMEN SEMICONTINUO 1 **(Concentración de solución de sacarosa por evaporación en un** **producto comercial: mermelada de piña-chile jalapeño)** **Práctica No. 1**

I. TRABAJO PRE-LABORATORIO (B)*: Para contestar, primero lee todo el contenido de esta práctica y luego consulta libros (incluido tu libro de texto), manuales y enciclopedias relacionados con la Ingeniería Química. Si usas páginas de internet, asegúrate de que sea una fuente confiable.

*Estos conceptos, datos, ecuaciones y modelos deben ser incluidos o servir para elaborar la Introducción del reporte.

1. Explica detalladamente qué se entiende por: a) *proceso intermitente o por lotes, proceso continuo* y *proceso semicontinuo*, de acuerdo a cómo es alimentado el proceso; b) *proceso en estado estacionario* y *proceso transitorio o en estado no estacionario*, de acuerdo a cómo cambian las variables de proceso con el tiempo.
2. Escribe la ecuación para la concentración en *por ciento en masa, % w/w* (comúnmente denominada como por ciento en peso, %P) de cualquier soluto en solución. Define cada variable utilizada.
3. Escribe la ecuación general de balance total de materia para un proceso continuo en estado estacionario, y para uno semicontinuo en estado transitorio (no estacionario) donde alguna variable cambia con el tiempo. También escribe la ecuación de balance de una especie determinada (un soluto) en solución, donde utilices la definición de %M.
4. ¿Cómo se definen los °Brix y a qué temperatura tiene validez dicha definición? Ésta debe tener elementos similares a los de concentración de *por ciento en masa*. También escribe la ecuación, desglosando la masa de la solución en sus componentes, y define variables.
5. A partir de la ecuación anterior, desarrolla un modelo matemático apropiado para calcular los °Brix *en función del volumen evaporado, °Brix(Vevap)*. Considera que a la masa inicial del jugo de la fruta (o preparado de esta) hay que irle restando lo que se evapora al irse concentrando. Utiliza de manera adecuada las equivalencias entre masa y volumen relacionadas con la densidad de la dispersión.
6. ¿Cuál es la densidad del agua y de una solución de sacarosa con 9, 15, 30, 45, 60, 65 y 70°Brix a 20 °C?. ¿Para la fruta escogida para esta práctica, y con base en los °Brix reportados para esa fruta, ¿cuántos gramos de azúcar tienen 340 mL del jugo? Indica el cálculo.
7. Con la ecuación del modelo desarrollada en el punto 5, y considerando sólo 340 mL de solución inicial con 9 °Brix (ojo: no es agua pura), calcula los °Brix que se tendrían cuando el condensado a 20 °C sea de: 50, 100, 150 y 200 ml. Indica los cálculos y considera usar las masas en lugar de los volúmenes indicados.
8. ¿Cómo puedes evitar la contaminación por el residuo que queda en el refractómetro después de hacer una medición, y en la pipeta después de tomar una muestra? Ver procedimiento.
9. Después de leer y revisar la sesión de desarrollo de la práctica o procedimiento, así como la sesión de resultados a reportar, elabora en tu bitácora las tablas apropiadas, o recórtalas

del manual y pégalas en dicha bitácora, para que ahí registres los datos y cálculos de tu práctica, a medida que la vas realizando. *Todos los integrantes del equipo deben consignar estos datos en su bitácora.*

II. OBJETIVOS:

- *Medir experimentalmente y analizar cómo es el cambio en la concentración y en la temperatura de ebullición de una solución de sacarosa que se concentra por evaporación al momento de fabricar una mermelada con calidad comercial, además de realizar y verificar el balance de materia entre las cantidades iniciales y finales.*
- *Desarrollar un modelo matemático, basado en la definición de grados Brix y en el balance de materia, que prediga dicho cambio de concentración en función del volumen de agua evaporada y recuperada por condensación.*
- *Analizar la concordancia de cambio de concentración entre los datos experimentales y los obtenidos con el modelo.*
- *Aterrizar estos conceptos teóricos vistos en clase en un producto de alta calidad y que podrá degustarse posteriormente a la práctica*

III. INTRODUCCIÓN Y TEORÍA:

Los procesos industriales se pueden clasificar en semicontinuos, continuos e intermitentes (por lotes) de acuerdo a la forma como son alimentados; o en procesos en estado estacionario y en estado transitorio (no estable) en función del cambio de variables conforme transcurre el tiempo. Normalmente los procesos continuos se asocian con procesos en estado estacionario, aunque pueden ser no estacionarios, y los intermitentes y semicontinuos con procesos en estado no estable o transitorio, donde algunas de las variables cambian entre dos instantes determinados (Felder y Rousseau, 2004).

Cuando la forma de alimentación importa más que el cambio de variables con el tiempo, caso típico de los procesos semicontinuos sin reacción química donde es común alimentar y descargar pequeñas porciones del contenido total de una unidad de proceso en intervalos de tiempo aleatorios, el cambio de variables (concentración, temperatura) en función de esta variable (tiempo) se vuelve irrelevante, por lo que estas propiedades se pueden analizar en función de otras variables independientes, como volumen intercambiado, volumen adicionado o número de veces que se alimenta y descarga la unidad, conforme transcurre el proceso.

Dentro de los diversos tipos de procesos industriales, los balances de materia son indispensables para el control y la optimización de estos. Estos se basan en la ley de la conservación de la materia, cuya ecuación general, referida a los flujos que entran y salen de un proceso o sistema, se escribe de la siguiente manera:

$$[\text{Entrada}] + [\text{Generación}] - [\text{Salida}] - [\text{Consumo}] = [\text{Acumulación}]$$

Cuando no hay reacción química y no existe generación ni consumo dentro del sistema, tenemos:

$$[\text{Entrada}] - [\text{Salida}] = [\text{Acumulación}]$$

Otro concepto importante y prácticamente indispensable para realizar los balances de materia es la concentración. En cualquiera de sus formas (*concentración másica o en masa, concentración molar, concentración en porcentaje en masa*), indica la cantidad de un componente específico por unidad de masa o volumen, dentro de los flujos o cantidades de materia total que entran y salen del proceso, y es indispensable para conocer y poder hacer el balance de dicho componente (Felder y Rousseau, 2004).

3.1 Cálculos para formular y dosificar una mermelada

La fabricación de conservas por azucarado tiene la finalidad de disminuir la actividad de agua de una fruta, (la cual de por si es muy alta) para aumentar la vida pecedera de esta cuando es arrancada de la planta, sin la necesidad de adicionar un conservador químico (p.ej. benzoato de sodio). Una mermelada fabricada con los estándares que se seguirán en esta práctica puede tener una vida de anaquel de hasta doce meses, si no se abre el frasco contenedor del producto. Esto se logra al bajar la actividad de agua (A_w) de 0.95 a 0.80, cuando el agua presente en el preparado es “atrapada” por la red creada por el ácido poligalacturónico (pectina comúnmente llamada), el azúcar y un medio ácido con pH de 3.1-3.5. Además, por la concentración alta de soluto, se crea una presión osmótica alta que coloca a los microorganismos que pudieran estar presentes en situaciones de estrés hipertónico, deshidratando a estas células.

La mermelada al final debe presentar una concentración de 65°Brix, por lo que, al verse sometida a procesos de evaporación, el peso final del producto será menor al peso inicial (acumulado). Por ello debe formularse previamente la cantidad de azúcar y de fruta (o preparado) que se utilizarán para fabricar el producto.

Como es el caso de una conserva se tiene que:

- BF : concentración de azúcares en la fruta reportados en (°Brix)
- BA : °Brix del azúcar con un valor de 100
- XAF : Fracción de azúcar de la fruta
- PF : Peso de fruta
- PA : Peso de azúcar = peso de fruta inicial
- PAF : Peso de azúcar aportado por la fruta
- PTA : Peso total de azúcar en el producto
- BP : concentración de azúcares en °Brix de la mermelada terminada
- XAP : Fracción de azúcar en el producto
- XAA : Fracción de azúcar en el azúcar = 1
- PTP : Peso total de mermelada

Con esto entonces se puede deducir que:

$$\begin{aligned} \text{Si BF: } 100 &= \text{XAF entonces PAF} = \text{XAF} \times \text{PF} \\ \text{Si BP :} 100 &= \text{XAP entonces PTA} = \text{XAP} \times \text{PTP} \end{aligned}$$

Para el caso de piña o cualquier fruta con concentración de azúcares de 25 °Brix:

Para 10 kg de fruta con un rendimiento de 62%, entonces la pulpa disponible es de 6.2kg, haciendo que se requiera 6.2 kg de azúcar. Con esto los valores serán:

BF: 25 °Brix

BA: 100 °Brix

XAF: 0.25

PAF: $6.2 \text{ kg} \times 0.25 = 1.55 \text{ kg}$

PA: 6.2 kg

PTA: $1.55 \text{ kg} + 6.2 \text{ kg} = 7.75 \text{ kg}$

BP: 65 °Brix

XAP: $(65 \text{ °Brix}) \times (100) = 0.65$

PTP= $PTA/XAP = 7.75 \text{ kg} / 0.65 = 11.92 \text{ kg}$ de producto terminado

En resumen, si se utilizan 6.2 kg de piña con 25 °Brix, en pulpa-trozos con 6.2 kg de azúcar y se concentra la mezcla a 65 °Brix, el peso final obtenido de mermelada es de 11.92 kg

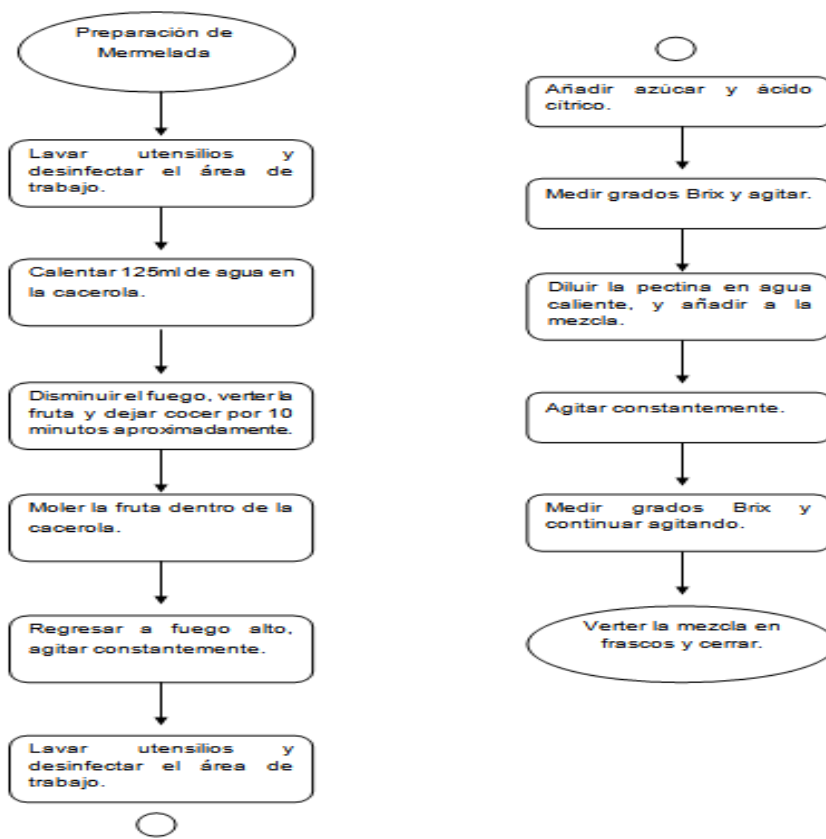
IV. MATERIAL Y EQUIPO:

Bitácora y manual.

Por cada equipo de trabajo:

- Cazo de cobre o material cerámico
- Palas de madera
- Refractómetro 50-90°Brix
- Frascos de vidrio limpios y previamente esterilizados
- Licuadora
- Utensilios diversos (toallas de cocina, cucharón, etc.)

V. PROCEDIMIENTO:



VI. RESULTADOS A REPORTAR:

- Tabla que contenga: tiempos de ebullición, temperaturas de ebullición, °Brix calculados mediante el modelo, °Brix medidos experimentalmente y % de error entre datos teóricos y experimentales. Similar a la que se presenta a continuación.

τ (min)	T Ebullición (°C)	°Brix Teóricos	°Brix Experimentales	% Error

- Análisis y discusión de las posibles causas de dicho error.
- Ecuaciones utilizadas en el modelo y un breve análisis de cómo se obtuvieron a partir de la definición de concentración en por ciento en masa.

- Gráficas (tipo x vs y) de tiempo contra los °Brix calculados y los obtenidos experimentalmente (todo en una sola figura para fines de comparación), así como discusión y análisis general del cambio de concentración en función del condensado (describe el cambio e indica su tendencia), y de la concordancia entre resultados teóricos (del modelo) y experimentales.
- Análisis y discusión breve del cambio de temperatura de ebullición durante proceso, respecto al cambio esperado.
- Gráfica (tipo x vs y) de concentración del residuo (en °Brix) contra el cambio de temperatura.
- Tabla con balance de materia general y por especie, similar a la que se muestra enseguida. Análisis y énfasis del % de error con que se cumple el balance entre los datos iniciales y finales, así como discusión y análisis de las posibles causas de dicho error.

Parámetros medidos	Cantidades iniciales		Cantidades finales			% Error
	Entrada	Total inicial	Salida	Acumulado	Total final	
Volumen (V), ml						
Densidad (ρ), g/ml						
°Brix, %						
Masa solución (m_{sol}), g						
Masa agua (m_{agua}), g						
Masa azúcar (m_{azu}), g						

- Ecuaciones y cálculos realizados en el balance de materia, de manera clara y desglosada. Las cantidades iniciales de solución y de sus componentes deben ser igual a las finales, sólo que repartidas en dos volúmenes. Las densidades de las soluciones de sacarosa, en función de los °Brix, consúltalas en el manual.

VII. REFERENCIA:

Felder, R. M., y Rousseau, R. W. (2004). *Principios Elementales de los Procesos Químicos* (3a ed.). Limusa Wiley.

Estos dos documentos son parte muy importante del cumplimiento del objetivo de este proyecto de intervención, ya que, estando ya materializados en documentos imprimibles, se obtiene un acervo de conocimiento explícito compartible con otros docentes.

Conclusiones

“Los científicos, los historiadores y los detectives observan los datos y proceden desde allí a elaborar alguna teoría que explique mejor la aparición de estos datos. Podemos analizar los criterios que utilizan para llegar a una conclusión de que una determinada teoría se encuentra mejor fundamentada por los datos que una teoría diferente [...]. Al utilizar los mismos criterios nos encontramos con la opinión de que hay un Dios que explica cuanto observamos y no sólo algunos rangos estrechos de datos. Explica el hecho de que hay un universo absoluto, que las leyes científicas operan dentro de él, que contiene animales y humanos conscientes con cuerpos muy complejos, con oportunidades abundantes para el desarrollo de nosotros mismos y del mundo, así como la cantidad de datos más particular que los humanos reportan como milagros e informes de experiencias religiosas. En la medida que las causas y las leyes científicas expliquen algunas de estas cosas —y en parte lo hacen—, estas causas y leyes necesitan explicación, y la acción de Dios las explica.” (Swinburne, 1996 citado en Dimitrov et al., 2021 p.89)

El objetivo de esta intervención fue la sistematización y materialización de la práctica educativa tácita del profesor. En este último apartado se presentan las conclusiones obtenidas con base en el análisis del proceso realizado.

La enseñanza de la química es un problema percibido en diferentes ámbitos. La baja motivación de los estudiantes hacia esta ciencia se ve apoyada por las prácticas educativas de los docentes que la imparten, las cuales resultan anacrónicas a la nueva realidad en la que el alumno actual aprende y construye su conocimiento. Una enseñanza basada en la memoria, alejada del contexto y cultura del estudiante, sin un significado aparente y no situado en su cotidianidad, su comunidad, etc., crean en el estudiante percepciones erróneas y nada motivantes hacia la química.

La modificación de las estrategias de enseñanza colocando al alumno como sujeto activo y participativo, genera una mejora en su aprendizaje, motivación y comprensión hacia la asignatura. Para ello el docente debe involucrar la enseñanza de la química en este caso, con la vida actual, la cotidianidad y con la aplicabilidad de esta ciencia en la carrera en específico de cada estudiante.

El propósito de este proyecto fue: documentar, sustentar teóricamente, sistematizar y materializar la práctica educativa, y explicitar el conocimiento tácito del profesor. Este propósito se logró al identificar las propuestas educativas innovadoras empleadas por el docente, junto con la serie de recursos y dinámicas, que sustentan la práctica en el aula y en el laboratorio y sus efectos en el aprendizaje de los estudiantes.

La implementación de estrategias innovadoras fue favorable para la enseñanza de la química en dos ámbitos importantes: el académico al lograr que el estudiante pueda comprender el conocimiento teórico para ponerlo en práctica en su comunidad y en su vida profesional, y en segundo término, el motivacional hacia la química, ya que al involucrarse en el trabajo colaborativo y en la obtención de resultados, se logró una participación más activa en el desarrollo de la clase, y en el interés mostrado hacia la asignatura.

Se concluye que esta práctica educativa apoya al estudiante en la construcción de su zona de desarrollo próximo de una mejor manera comparado con la enseñanza tradicional memorística de la química. Esto se fundamenta en las respuestas favorables emitidas por los alumnos y exalumnos que participaron en esta intervención, y en los indicadores de evaluación que arrojan un incremento en la asistencia a clases, en los índices de aprobación y en el promedio tanto del alumno como del grupo.

El uso de problemas reales y actuales como materia de trabajo y aprendizaje, el trabajo colaborativo, la exigencia de encontrar en los principios científicos teóricos la solución posible al problema planteado, prepara al estudiante hacia su futura inserción en la vida profesional y le da un mayor sentido al aprendizaje.

El tipo de tareas que el docente propone a los alumnos como la resolución de retos, el análisis de casos, la experimentación real, el desarrollo de proyectos, etc., promueve el empleo del pensamiento complejo, pues requiere que los estudiantes pongan en juego habilidades de pensamiento como: autorregulación, planeación, abstracción de principios, generación y comprobación de hipótesis, pensamiento creativo y pensamiento crítico cuando aprende que debe cuestionar todo lo que lee, escucha, para comprobar su veracidad y apropiarse del conocimiento.

Se puede considerar que una de las condiciones que contribuyen al éxito de los casos de estudio como método de enseñanza-aprendizaje es la vigencia y actualidad de los casos seleccionados. Esto implica que los profesores deben estar atentos a los eventos del entorno y captar las situaciones o fenómenos que pueden considerarse aptos para convertirse en un caso.

Se encontró también que abordar los casos de estudio desde el trabajo colaborativo y presentarlos al grupo como retos a lograr favorece el aprendizaje e incrementa la motivación. Las evidencias encontradas arrojan resultados positivos en los alumnos ya que encuentran viva, a su alcance y en su entorno, a la química.

Otra situación que se desprende de la propuesta educativa del docente es que las prácticas de laboratorio exitosas son las que se seleccionan en contextos que son cercanos a la experiencia del estudiante y que están vinculados con la vida cotidiana, esto ha permitido que los alumnos encuentren utilidad a los temas de estudio, pues pueden relacionarlos con eventos reales.

Un factor determinante en el aprendizaje fue la motivación experimentada por los alumnos. Este tipo de tareas – retos, casos de estudio, experimentos en casa, etc. – logró una amplia aceptación entre los estudiantes, por una parte, pero también generó actividades de autoestudio, de colaboración y compromiso con la tarea asignada para superar el reto por lo cual se puede concluir que esta metodología es apropiada para la enseñanza de la química.

Para implementar este tipo de tareas el docente debe considerar que los retos deben reunir ciertos requisitos tales como el estar al alcance de los alumnos, tener conexión con los contenidos trabajados y presentar una situación novedosa y ubicada en la realidad, de esta manera el aprendizaje se sitúa en un contexto cercano, que tiene significado para los estudiantes y con alta relevancia social.

Otro elemento que se convirtió en movilizador del aprendizaje fue el trabajo en equipo. A lo largo del trabajo del semestre las actividades de aprendizaje se realizaron en su mayoría de manera colaborativa. La organización social del grupo es un factor que juega un papel importante en el aprendizaje y en la percepción del clima del aula. En el caso de la práctica educativa descrita, la organización social del grupo en equipos redundó en una mayor participación y compromiso de los estudiantes con la tarea y con los compañeros; a lo largo de las sesiones se notó un mayor interés por asistir y participar y cumplir con las actividades que a cada uno le fueron asignadas.

Se encontró que los indicadores numéricos muestran avance semestre a semestre, como el índice de reprobación que lleva varios semestres abatido a CERO reprobados, el de asistencia a clases ronda el 100% de cumplimiento, el promedio grupal continua con la tendencia de crecimiento en magnitud. Con estos indicadores numéricos se concluye que la práctica educativa seguida funciona, y que valió la pena todo el esfuerzo dedicado a lograrlo.

La educación es un proceso social dinámico que debe estar orientado por completo hacia el estudiante, y que, con acciones innovadoras en esta línea, se puede transformar la

práctica tradicional basada en la memoria, para lograr un aprendizaje con mayor significado, situado en el alumno, basado en la lectura reflexiva, contemplativa (asombro), colaborativa, que lleva a la acción el conocimiento adquirido – Lectio Divina –, además de una motivación mayor hacia la química.

Desde la gestión del conocimiento, el proyecto tuvo cambios importantes desde el inicio, para que al final se centrara solamente en la externalización del modelo SECI de Nonaka y Takeuchi (Martínez-Caraballo, 2006), explicitar y materializar el conocimiento tácito del profesor, el cual se convirtió en el objetivo de este proyecto.

El conocimiento estructural construido al explicitar el conocimiento tácito del docente sobre la metodología empleada en la enseñanza de la química se materializó en dos recursos compartibles con otros docentes.

Una limitación que presentó este proyecto fue su realización en solitario, derivado en parte por las condiciones de confinamiento: el profesor observando y cuestionando al profesor. Lo ideal hubiera sido tener un colega que acompañara en algunos tramos del trayecto, porque hubiera ayudado a ver más allá de lo que se pudo observar y a considerar desde otros ángulos la práctica.

Una tarea que quedaría pendiente para concluir después de este proyecto es el seguimiento de continuidad de esta práctica educativa desde otros docentes interesados en seguirla y hacerla propia.

Esta etapa de continuidad queda pendiente como punto de mejora para ayudar a identificar, discutir y cuestionar otros elementos no previstos en este trabajo.

Este proyecto fue un ejercicio de gestión del conocimiento, en una sola de sus fases: explicitación del conocimiento tácito. Este es el primer paso ya que el conocimiento del autor es un conocimiento tácito que solamente explicitándolo y sistematizándolo se puede compartir con otros docentes, lo cual ayudaría a mejorar la enseñanza de la química y los aprendizajes de los estudiantes. Falta entonces mucho por trabajar, sí, pero vale la pena recordar que la educación al igual que la humanidad, son procesos inconclusos aún, donde lo único constante debe ser el cambio.

Referencias

- Abarca, A., Alpízar, F., Sibaja, G., y Rojas, C. (2013). *Técnicas cualitativas de investigación* (1a ed). Editorial Universidad de Costa Rica (EUCR).
- Abegunde, M. H. (2017). A LECTIO DIVINA FOR GWENDOLYN BROOKS: Honoring the Ancestor, Contemplating Healing. *Obsidian*, 43(2), 58. edo.
<http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dedo%26AN%3d129039273%26lang%3des%26site%3ded-live>
- Acevedo C, J. (2009). Pedagogía del asombro. *Revista Educación y Pedagogía*, 3(7), 201–204.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/5670>
- Aguilera-Guzmán, R. M., Mondragón Barrios, L., y Medina-Mora Icaza, Ma. E. (2008). *Consideraciones éticas en intervenciones comunitarias: La pertinencia del consentimiento informado*. 31(2), 129–138.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252008000200007&lng=es&tlng=es
- Aluminio y magnesio: Antiácidos*. (2020). McGraw-Hill Medical.
<http://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1552§ionid=90367125>
- Alvarez-Herrero, J.-F. (2019). *El error como estrategia pedagógica para generar un aprendizaje eficaz* (pp. 166–169).
- Apple Education. (2011). *Challenge based learning: A classroom guide* (p. 40). Apple Education.
http://www.apple.com/br/education/docs/CBL_Classroom_Guide_Jan_2011.pdf
- Aristizábal Franco, L. E. (2012). *El porqué de la ética en la investigación científica*. 14(24), 369–371.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81462012000100001&lng=en&tlng=es

- ASALE, R.-, y RAE. (s/f). *Refo | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado el 23 de octubre de 2020, de <https://dle.rae.es/refo>
- Banz, C. (2015). *Las dinámicas grupales: Una técnica de aprendizaje*. 6. <http://valoras.uc.cl/images/centro-recursos/docentes/FormacionDeComunidad/Fichas/Las-dinmicas-grupales-2018.pdf>
- Barragán, A. (2009). *Aproximación a una taxonomía de modelos de gestión del conocimiento*. 5(1), 65–101. <https://doi.org/10.3926/ic.2009.v5n1.p65-101>
- Basulto Lemus, Y. (2009). *Los errores en las actividades experimentales de química: Una vía para potenciar el autoaprendizaje de los estudiantes*. XVIII(1). eLibro Cátedra. <http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dedselb%26AN%3dedselb.3179991%26lang%3des%26site%3des-live>
- Bello, R. (2016). *La investigación etnográfica y la observación participante*. 8. https://www.researchgate.net/publication/311848171_LA_INVESTIGACION_ETNOGRAFICA_Y_LA_OBSERVACION_PARTICIPANTE
- Borda, P., Dabenigno, V., Freidin, B., y Güelman, M. (2017). *Estrategias para el análisis de datos cualitativos*. Instituto de Investigaciones Gino Germani.
- Brainiac. (2007, julio 27). *Metales alcalinos(Li,Na,K,Rb,Cs)+Agua(H2O)* [Mp4]. <https://www.youtube.com/watch?v=lcVqu-DN6HQ&t=39s>
- Bushlack, T. (2016). LECTIO, INTENTIO, AND THE “TWOFOOLD TROPOLOGICAL SENSE”: LECTIO DIYINA AS A GUIDE TO THE CULTIVATION OF PRACTICAL WISDOM. *American Benedictine Review*, 67(1), 29–57. a9h.

- <http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3da9h%26AN%3d113644490%26lang%3des%26site%3ded-live>
- Carrillo-Chávez, M. T., Hernández Millán, G., y Nieto-Calleja, E. (2018). *1A061 Experimentos de aula como estrategia de enseñanza en el aprendizaje de la química. Extraordinario*, 5. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8726>
- Cecilia Dobles-Trejos. (2014). Recovering a Sense of Wonder: Action Research in the Formation of Educators. *Revista Electrónica Educare*, 18(3). <https://doi.org/10.15359/ree.18-3.18>
- Chacón, F. (2006). Unidad 4: Análisis de Datos Cuantitativos y Cualitativos. *Módulo Metodología de la investigación*, 3. http://www.utemvirtual.cl/plataforma/aulavirtual/assets/asigid_974/contenidos_arc/52108_unidad4_tema1.pdf
- Chang, R. (2005). *Chemistry* (8a ed.). McGraw-Hill.
- Chizmar, J. F., y Ostrosky, A. L. (1998). *The One-Minute Paper: Some Empirical Findings*. 1–8.
- Conecta. (2020, julio 3). Tipos de análisis de datos cualitativos y cómo aprovecharlos. *Conecta*. <https://www.ekon.es/blog/tipos-analisis-datos-cualitativos/>
- Dalkir, K. (2005). *Knowledge Management in Theory and Practice*. Elsevier.
- Delegados de Educación de América Latina. (1995). *Aportes para la implementación de la Pedagogía Ignaciana*. Centro de Estudios Educativos AC.
- Díaz-Barriga, F., y Hernández-Rojas, G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw-Hill.
- Dimitrov, T., y Ibañez-Cornejo, J. G. (2004). *La dimensión espiritual de grandes científicos* (1a ed.). Universidad Iberoamericana.
- Dimitrov, T., Ibañez-Cornejo, J. G., y Velasco-Lafarga, L. T. (2021). *La dimensión espiritual de algunos grandes filósofos y premios Nobel* (Primera edición). Universidad Iberoamericana.

- Dobles-Trejos, C. (2014). *Recuperando la capacidad de asombro: La investigación-acción en la formación docente*. 18(3), 285–299. <https://doi.org/doi:>
<http://dx.doi.org/10.15359/ree.18-3.18>
- Eboh, H., y Cletus. (2019). *Evaluation of the conceptual theories, elements and processes of knowledge management in modern day organizations*. 10(1), 37–54.
<https://doi.org/10.2478/hjbpa-2019-0004>
- Egan, G. (2002). *El orientador experto: Un modelo para la ayuda sistemática y la relación interpersonal*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Engeström, Y. (2001). El aprendizaje expansivo en el trabajo: Hacia una reconceptualización teórica de la actividad. YRJÖ ENGESTRÖM. *Journal of Education and Work*, 14(1).
<http://www.bibliopsi.org/docs/carreras/obligatorias/CFG/general/colombo/Engestrom%20-%20EI%20Aprendizaje%20Expansivo%20en%20EI%20Trabajo.pdf>
- Epple, D. (2014). Integration of Lectio Divina, Ignatius Imagination and Carmelite Prayer. *NACSW 64th National Conference*, 26.
<https://www.nacsw.org/Convention/EppleIntegrationFINAL.pdf>
- Felder, R. M., y Rousseau, R. W. (2004). *Principios Elementales de los Procesos Químicos* (3a ed.). Limusa Wiley.
- FLACSI. (2016). Argentina – Colegio San Luis Gonzaga: Lanzamiento Proyecto Curricular Ignaciano [Noticias Argentina]. *Federación Latinoamericana de Colegios de la Compañía de Jesús*.
<https://www.flacsi.net/noticias/argentina-colegio-san-luis-gonzaga-lanzamiento-pci/>
- Flores-Jiménez, I., Flores-Jiménez, R., y Aguilar Lugo-Marino, J. J. (2013). La teoría del conocimiento y la epistemología de la administración. *Boletín Científico XIKUA*, 1(2).
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n1/e4.html>

- Furió Más, C. J. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación química*, 17(4), 222-227. *Educación Química*, 17(4), 222–227. <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66011>
- Galagovsky, Lydia R. (2005). *La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿Qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes?* 4(1), 8–22. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86340102.pdf>
- Gallager-Etkins, K. (2019). *Using Lectio Divina for non-scriptural texts: A successful classroom teaching tactic tha other instructors can replicate*. 22(2), 128–128. <https://doi.org/10.1111/teth.12480>
- García Inda, A. (2018). *Educar para el asombro* (Vol. 1435). Ediciones Mensajero.
- García-Argüelles, L. Á., López-Medina, F. L., Moreno-Toiran, G., y Ortigosa-Garcell, C. (2018). El método experimental profesional en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica / The professional experimental method in the teaching-learning process of General Chemistry for students of the Mechanical Engineering career. *Revista Cubana de Química*, 328–345. SciELO. <http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dedssci%26AN%3dedssci.S2224.54212018000200013%26lang%3des%26site%3ded-live>
- García-Sánchez, M. (2008). *Listas de asistencia y calificaciones*. ITESO.
- García-Sánchez, M. A. (2004). *Proyecto: Estado del conocimiento de la tabla periódica de los elementos en libros de texto de química a nivel universitario de 1957 a 2004*.
- Guitart, M. E. (2009). *Las ideas de Bruner: “de la revolución cognitiva” a la “revolución cultural”*. 13(44), 235–241. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35614571028.pdf>
- Hall, R. T. (2017). *Ética de la investigación social* (2da edición). Universidad Autónoma de Querétaro.

Hylton, K., Hylton-Fraser, K., Guthrie-Dixon, N., y Wilson, K. (2016). *Leading and Managing Change to Impact Student Engagement and Attainment—A Case Study of 1st year General Chemistry University Students*. 43, 42.

<http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dtfh%26AN%3d118037618%26lang%3des%26site%3dehost-live%26scope%3dsite>

Iribas, A. (2021, junio 18). ¿Qué es el asombro en filosofía? Definición, origen, características.

Lifeder. <https://www.lifeder.com/asombro-filosofia/>

ITESO. (2017). *Orientaciones fundamentales del ITESO*. <http://oci02.img.iteso.mx/Otros/OFIS/18A-Banners%20Orientaciones%20Fundamentales%2040x80cm.pdf>

Jaramillo, R., Escobedo, H., y Bermúdez, Á. (2004). *Enseñanza para la comprensión*. 8(27), 529–534. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35602712.pdf>

Jiménez Pierre, C.O, Parra Cervantes, P, y Bascuñan Blaset, N.A. (2007). Modelo de aprendizaje por descubrimiento para alumnos de química básica experimental. *Edusfarm, revista d'educació superior en Farmàcia.*, 2, 1–18.

Katzenbach, J. R. (2000). *El Trabajo en Equipo: Ventajas y Dificultades*. Granica.

<https://books.google.com.mx/books?id=phByqWOFpWEC>

Kawulich, B. B. (2005). *La observación participante como método de recolección de datos*. 6(2).

Kozulin, A. (1994). *La psicología de Vygotsky. Biografía de unas ideas*. Alianza Editorial.

La historia de Newton y la manzana... – Museo de la Ciencia Valladolid. (s/f). Recuperado el 24 de junio de 2021, de <https://www.museocienciavalladolid.es/la-historia-de-newton-y-la-manzana/>

La «lectio divina». Teología, espiritualidad, metodo. (2002). *Scripta Theologica*, 34(1), 444–445. fua.

- <http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dfua%26AN%3d25504694%26lang%3des%26site%3ded-live>
- Lamas Rojas, H. (2008). Aprendizaje autorregulado, motivación y rendimiento académico. *Liberabit*, 14(14), 15–20.
- http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1729-48272008000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- López-Feldman, A. (2019). *Análisis de coherencia* [Clase presencial Maestría en Educación y Gestión del Conocimiento en ITESO]. Teoría del conocimiento.
- Lorenzo, C. R. (2006). *Contribución sobre los paradigmas de investigación*. 31(01), 13.
- Martin, J. (2011). *Leer, meditar, rezar, actuar: La lectio divina en cuatro pasos fáciles*. https://la-palabra.com/archives/article/modos_faciles_de_hacer_oracion/
- Martín, J. D. R. (1998). *Método de enseñanza: Aprendizaje para la enseñanza por descubrimiento*. 71, 121–144. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=45424>
- Martínez, E. (2003). *Guía Básica para la aplicación de las TICs en PYMES. Cap. 2*. https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo2.pdf?hash=79be210907c549228bf620a360c07685
- Martínez, M., Pérez, M., Ojeda, E., y Ascanio, A. (2018). Visión epistemológica de la ciencia y praxis pedagógica de docentes maestrantes en Enseñanza de la Biología y la Química: Un estudio longitudinal. *Epistemological view of science and pedagogical praxis of master teachers in Teaching Biology and Chemistry: a longitudinal study.*, 42(93), 37–53. fua. <http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dfua%26AN%3d130447231%26lang%3des%26site%3dehost-live%26scope%3dsite>

Martínez, R., y Fernández, A. (s.f.). *Metodologías e instrumentos para la formulación, evaluación y monitoreo de programas sociales: Árbol de problema y áreas de intervención*. 13.

<https://www.comfama.com/contenidos>

Martínez Villalba, J. A., y Sánchez Muñoz, S. (2018). *Generación de Competencias con Base en la Gestión de Conocimiento Científico/ Generation of Competences Based on the Management of Scientific Knowledge*. 16(2).

Martínez-Caraballo, N. (2006). *Gestión del Conocimiento: Aprendizaje individual versus aprendizaje organizativo*. 2(3), 308–326.

Marzano, R. J., y Pickering, D. J. (2005). *Dimensiones del aprendizaje. Manual del maestro* (2da edición). ITESO.

McKernan, J. (1999). *Investigación-acción y curriculum*. Ediciones Morata.

https://www.academia.edu/7556306/Mckernan_Investigacion-accion_y_curriculum

Mejía-Navarrete, J. (2011). *Problemas centrales del análisis de datos cualitativos*. 1, 47–60.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5275948.pdf>

Mendoza, Y. (2003). La química: Ciencia vital con mala fama. *Unidad de participación ciudadana*, S.P. <http://unlectoresenaccion.blogspot.com/2013/08/la-quimica-ciencia-vital-con-mala-fama.html>

Merriam, S. B. (editor), y Grenier, R. S. (editor). (2019, enero). *Qualitative Research in Practice: Examples for Discussion and Analysis, 2nd Edition | Wiley*. Wiley.Com.

[https://www.wiley.com/en-](https://www.wiley.com/en-us/Qualitative+Research+in+Practice%3A+Examples+for+Discussion+and+Analysis%2C+2nd+Edition-p-9781119452027)

[us/Qualitative+Research+in+Practice%3A+Examples+for+Discussion+and+Analysis%2C+2nd+Edition-p-9781119452027](https://www.wiley.com/en-us/Qualitative+Research+in+Practice%3A+Examples+for+Discussion+and+Analysis%2C+2nd+Edition-p-9781119452027)

Monsalve, B. (2011, abril 15). ¿Qué es la serendipia? [Blog]. *BrainSINS*.

<https://www.brainsins.com/es/blog/serendipia/3211>

- Moreno-Miranda, J. R. (s.f.). *Conceptos de la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget* [Youtube (mp4)]. <https://www.rekursosyhabilidades.com/videos/conceptos-de-la-teoria-del-desarrollo-cognitivo-de-piaget.html>
- Nikolay Muskhelishvili. (2015). The Tradition of Lectio Divina: A Re-reading from the Point of View of Cognitive Psychology. *Вестник Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета: Серия I. Богословие, философия, 1*, 99. edsdoj.
<https://doi.org/10.15382/stur1201451.99-120>
- Núñez-Coba, N., y Escobar-Lorenzo, R. (2017). El estado de actual del aprendizaje de la Química Agrícola en la formación del ingeniero agrónomo en la Universidad de Holguín. *The current state of learning of Agricultural Chemistry in the formation of an agronomist at the University of Holguin.*, 29(2), 255–265. fua.
<http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dfua%26AN%3d124612536%26lang%3des%26site%3dehost-live%26scope%3dsite>
- Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2016). *Aprendizaje basado en retos* (1a ed.). Editorial Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
<https://observatorio.tec.mx/edutrendsabr>
- OCDE. (2017). *Diagnóstico de la OCDE sobre la estrategia de competencias, destrezas y habilidades de México* (OECD Skills Strategy, p. 16) [Resumen Ejecutivo]. OCDE.
<https://www.oecd.org/mexico/Diagnostico-de-la-OCDE-sobre-la-Estrategia-de-Competencias-Destrezas-y-Habilidades-de-Mexico-Resumen-Ejecutivo.pdf>
- Pérez-Muzuzu, B. C., Acevedo-Gordo, J. I., Oviedo, B., Fiorillo, G., Ortega, M., y Linares-Bautista, A. (2013). *El Paradigma Pedagógico Ignaciano, una estrategia innovadora en la formación del ingeniero*. 1–9.

Plutin-Pacheco, N., y García-López, A. (2016). Estrategia didáctica basada en la lúdica para el aprendizaje de la química en la secundaria básica cubana / Didactic strategy based on ludic to learning of chemistry in the Cuban middle school. *Revista Cubana de Química*, 610–624. SciELO.

<http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dedsci%26AN%3dedsci.S2224.54212016000200007%26lang%3des%26site%3dedlive>

Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2014-2015 (principales cifras versión bolsillo, p. 114). (2015). [Resultados]. Secretaría de Educación Pública.

https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2014_2015_bolsillo.pdf

Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2018-2019 (Principales datos versión bolsillo, p. 126). (2019). [Resultados]. Secretaría de Educación Pública.

http://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2018_2019_bolsillo.pdf

PRO3S. (2020, febrero 6). ¡Todo es química! *PRO3S*. <https://www.pro3s.es/quimica/>

Quintero, J. (2011, junio 25). Teorías y Paradigmas Educativos: Perspectivas Cuantitativas en la Investigación Socio Educativa. *Teorías y Paradigmas Educativos*.

<http://paradigmaseducativosft.blogspot.com/2011/06/perspectivas-cuantitativas-en-la.html>

Raguer, H. (2005). *Introducción a la "Lectio Divina"*. 32(78).

Ramírez, G. (2014). *Construcción de mapas de conocimiento en las universidades*. 53(153), 65–78.

<https://revistas.upb.edu.co/index.php/upb/article/view/2524>

- Ramírez Jiménez, M. del S., Albor Calderón, C., y Villar Cuevas, M. de L. (2009). *Aprendizaje grupal en la enseñanza de la química. XVIII(2)*.
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioitesosp/detail.action?docID=3179723>
- Ramírez-Jiménez, R. (2016). Spiritual Darkness. *Journal of Christian Nursing*, 33(4), 220. edo.
<http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dedo%26AN%3d120615226%26lang%3des%26site%3ded-live>
- Rius de la Pola, P. (2011). La docencia de la Química: ¿una cuestión de actitudes? Actitudes del docente de licenciatura en Química. *Educación Química*, 22, 123–133.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2011000200005&nrm=iso
- Robayo-Valle, A. C. (2017). *La importancia del asombro en la educación para lograr aprendizajes significativos. Ensayo Académico*. Universidad de los Hemisferios.
- Rodríguez-Montes, J. A. (2006). *Diagnóstico y gestión del conocimiento en un servicio de cirugía*. 80(2), 72–77. [https://doi.org/10.1016/S0009-739X\(06\)70926-5](https://doi.org/10.1016/S0009-739X(06)70926-5)
- Román, M. (1999). *Guía práctica para el diseño de proyectos sociales*.
<http://repositorio.uahurtado.cl/handle/11242/8340?show=full>
- Ross, K. P., y Angelo, T. (2001). *The One Minute Paper*. 1–3.
- Saldarriaga-Zambrano, P. J., Bravo-Cedeño, G. del R., y Loor-Rivadeneira, M. (2016). *La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea*. 2(Especial), 127–137.
- Serrabo García, K. M. (2016, abril 11). *Academico: Conocimiento Estructurante [Blogger]*. *Academico*. <http://inf-log-proy-gest.blogspot.com/2016/04/conocimiento-estructurante.html>

Spradley, J. P. (1980). *Participant observation* (p. 9) [Holt, Rinehart & Winston]. IFDC No. 9 - San Pedro de Jujuy.

Taxonomía de Bloom. (s/f). Recuperado el 14 de marzo de 2021, de

http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2_1.htm

Torres Coronas, T. (2003). *¿La mejor estrategia docente? La gestión del conocimiento*. 32, 9–24.

Tovar, M. (2014). *Naturaleza gregaria y cultural de la especie humana* [Google sites]. Hombre y Sociedad 1 Webquest.

<https://sites.google.com/site/hombreysociedad1webquest/naturaleza-gregaria-y-cultural-de-la-especie-humana>

Unknown. (2018, abril 20). teoría: El aprendizaje por descubrimiento de Bruner. *teoria*.

<http://teapins.blogspot.com/2018/04/el-aprendizaje-por-descubrimiento-de.html>

Villarreal-Pérez, J. Z., Gómez-Almaguer, D., y Bosques-Padilla, F. J. (2011). Errar es humano.

Medicina Universitaria, 13(51), 69–71. <https://www.elsevier.es/en-revista-medicina-universitaria-304-articulo-errar-es-humano-X1665579611240505>

Wertsch, J. V. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Paidós.

Wolters Kluwer. (2021). Emprendedurismo [BlogCanalProfesional]. *Guías jurídicas*.

https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASnjUwNjtbLUouLM_DxblwMDS0NDA1OQQGZapUt-ckhIQaptWmJOCSoAZFREiDUAAAA=WKE#:~:text=Proceso%20de%20identificar%2C%20desarrollar%20y,ciertas%20condiciones%20de%20riesgo%20inherente.

Woods, P. (1989). *Entrevistas. La escuela por dentro: La etnografía en la investigación educativa*.

Paidós.

Yera Quintana, A. I. (2009). *Hacia un aprendizaje productivo de los conceptos de química en el preuniversitario*. XVIII(2). eLibro Cátedra.

<http://ezproxy.iteso.mx/login?qurl=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dedselb%26AN%3dedselb.3179387%26lang%3des%26site%3dedselb>
ds-live

Zumdahl, S. S., Zumdahl, S. A., y DeCoste, D. J. (2020). *Chemistry: An Atoms First Approach* (3th edition). Cengage Learning.