

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

Facultad de Humanidades y Ciencias



Tesis para la obtención del Grado Académico de
Doctor en Educación en Ciencias Experimentales

*“La construcción del conocimiento científico en el nivel
superior en clases prácticas y experimentales”*

Autor:

Lic. Germán Hugo Sánchez

Directora:

Dra. María Gabriela Lorenzo

Codirector:

Dr. Héctor Santiago Odetti

Lugar de realización: Universidad Nacional del Litoral – Facultad de
Bioquímica y Ciencias Biológicas – Departamento de Química General e
Inorgánica

SANTA FE – ARGENTINA
2025

Dedicatoria

A la memoria de mi tía Norma, quien siempre confío en mí.

Agradecimientos

A la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, casa de estudios que me ha albergado por más de 20 años. Allí fui estudiante de grado, graduado, tutor y ayudante alumno; más tarde tuve la dicha de convertirme en parte de su plantel docente, siendo primeramente contratado, luego interino y finalmente la oportunidad de ser plantel ordinario, asumiendo además la gran responsabilidad de integrar su Consejo Directivo. También he tenido el privilegio de participar en la formación de posgrado, profundizando así mi vínculo con la docencia y la universidad pública. Sin sus puertas abiertas, siempre generosas, este camino de formación profesional y vida académica plena no habría sido posible.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), por el sostén fundamental brindado a través de sus becas internas y por el marco institucional de los proyectos de investigación que acompañaron este trayecto.

A otros organismos públicos que hicieron posible esta formación a través del financiamiento parcial de proyectos y estancias: la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM), la Asociación de Profesores de Enseñanza de las Ciencias (APICE). A la Universidad Nacional del Litoral (UNL), la Agencia, y nuevamente el CONICET, por haber sido instituciones madre de los proyectos de investigación que nutrieron esta tesis.

A las universidades nacionales que me ofrecieron el privilegio de iniciarme como colaborador en espacios de formación de posgrado: la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) y la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). En cada una de ellas encontré no solo aprendizaje, sino también hospitalidad académica y generosidad en los vínculos.

A las otras casas de altos estudios que me recibieron en estancias y misiones de formación durante el desarrollo de esta tesis: el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires; el Museo Pedagógico de la Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Brasil; la Universidade da Coruña (UDC), España; el Departament de Química Inorgànica i Orgànica de la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona (UB), Cataluña; y la Facultad de Filosofía y Humanidades de

la Universidad de Chile (UCHile), en Santiago. En cada una de estas instituciones encontré abrigo académico, diálogo fecundo y horizontes que ampliaron mi mirada.

A mis directores, la Dra. María Gabriela Lorenzo, quien me acompañó a lo largo de este extenso camino de escritura doctoral; quien me formó en la investigación en didáctica de las ciencias; quien me enseñó a enseñar a colegas; quien me desafió a repensar una y otra vez mis prácticas; quien estuvo presente en momentos personales profundamente difíciles, y también en la soledad inmensa que supuso la pandemia de COVID-19. Y al Dr. Héctor Santiago Odetti, quien me forma desde aquellas primeras clases de Química Inorgánica en 2003, mi gran guía académico: consejero en lo personal, lo político y lo profesional, siempre generoso en brindarme oportunidades para crecer y desarrollarme en la enseñanza de las ciencias.

A mis tutores académicos en el extranjero, quienes me recibieron con generosidad y compartieron sus saberes sin reservas: la Dra. Johanna Camacho González (UCHile); el Dr. Eduardo Félix dos Santos y la Dra. Livia Diana Rocha Magalhães (UESB); las Dras. Cristina Martínez Losada y Susana García Barros (UDC); y el Dr. Santiago Álvarez Sabater (UB).

A cada uno de ellos, mi más profundo agradecimiento por abrir puertas, compartir caminos y sembrar preguntas.

En estas páginas me tomaré el tiempo para agradecer a todas las personas que fueron (y siguen siendo) importantes en la concreción de este manuscrito. Les tengo infinita gratitud, porque fueron quienes me acompañaron a crecer.

A mi familia, a pesar de las distancias. A mi familia de la vida, por estar siempre conmigo.

A mis colegas del Departamento de Química General e Inorgánica, espacio que comparto desde 2008, cuando comencé mi camino en la docencia, y al que pude volver como becario doctoral del CONICET. Luego, el camino continuó como JTP y más tarde como Profesor Adjunto. Agradezco profundamente no solo la camaradería y el compromiso compartido, sino también la generosidad con la que me permitieron observar sus prácticas para esta investigación. A lo largo de los años supimos

sostenernos mutuamente, incluso en los momentos más difíciles, como los que impuso la pandemia. A pesar de las diferencias, tiramos siempre para el mismo lado, como una embarcación que se mantiene a flote por la voluntad colectiva de seguir avanzando.

A mis colegas y compañeros de la Cátedra de Química Analítica II, quienes me permitieron experimentar, repensar, reflexionar y aplicar todas las ideas locas que tenía. Y luego, me acompañaron en la decisión de crecer en una nueva área.

A la Dra.(c) Teresa Quintero de la Universidad Nacional de Río Cuarto y a la MSc. Andrea Ciriaco de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, fieles compañeras y amigas en el transitar de nuestra formación académica. A mis colegas, la Dra. Leticia Garcia y la MSc. Marina Masullo, de la UNC, quienes me aconsejaron y acompañaron en este camino.

A mis compañeras de la Revista de Educación en la Química (EDENLAQ), publicación de la Asociación de Educadores en la Química de la República Argentina (ADEQRA): la Dra. Ketty Lastres, la MSc. Andrea Ciriaco, la MSc. Norma Jones y la Dra. Andrea Farré. Gracias por el trabajo compartido, la generosidad editorial y la construcción colectiva de este proyecto que sigue creciendo.

A mis colegas y compañeros del Consorcio de Grupos de Investigación de Educación en Ciencias Naturales (CONGRIDEC), quienes me honraron al invitarme a formar parte de su Comisión Directiva y me ofrecieron la posibilidad de crecer en el diálogo interinstitucional entre grupos de investigación del área en todo el país.

A mis colegas y compañeros de ADEQRA, por el espacio de formación continua que construyen desde la reflexión sobre la práctica docente y por la posibilidad de integrar su Comisión Directiva, experiencia que valoro profundamente por su alcance federal, su historia y su compromiso con la enseñanza de la química.

Estas instituciones no solo me ofrecieron un lugar para pensar, escribir y enseñar; también tejieron conmigo una trama de afectos, saberes y horizontes compartidos que sostienen esta tesis, como raíces invisibles bajo tierra.

A mis amigos, incondicionales,

Al Dr. Miguel Andrés Marcos, al Dr. Juan Pablo Sánchez, a la Lic. Luciana Borini, a la Dra. Quela Alcaraz, al Dr. Lisandro Seluy, a la Dra. Silvina Pujato, a la MSc.(c) Tatiana Bochatay, a la Lic. Carina Fornal, a la Lic. María Laura Rodriguez, a la Lic. Carina Garello, a la Esp. Varina Araya, a la Prof. Yanina Zambón, a la Dra.(c) Carolina

Brandolini: grandes amigos y académicos que han estado siempre presentes en cada parte de este camino.

A la Dra.(c) María Belén Manfredi y al Dr.(c) Mauro Porcel de Peralta, mis compañeros de oficina, de camino, de vida. Gracias por tolerar mis nervios y ayudarme en tantas crisis. Espero poder continuar acompañándoles en este andar.

A mi hermano de la vida, Lic.(c) Bruno Matías Baroni.

A mis compañeros de doctorado, Nubia, Fernandas, Carlos.

A la peña de los viernes, por más, mucho más: Nati, Eli, Pao, Negra, y nuestra querida Anita.

A les ninfes, a pesar de las diferencias, siempre presentes: Luis, Lucio, Ema.

A mis compañeros del Partido Socialista, Desaliñades y GENCyT.

A mis directores de escuela, quienes me enseñaron mucho sobre la práctica pedagógica en contextos diversos: los profesores Mónica Bejarano, Mariana Mattioli y, por supuesto, a quien desde la práctica y poner el pecho, aprendimos día a día juntos, mi querida María Virginia Chiarelli.

A todes mis compañeros y colegas de todas las escuelas por las que transité, en especial a quienes creen en la potencia transformadora de la educación pública, gratuita y de calidad. Y, muy especialmente, a quienes hoy comparten conmigo las aulas de la EEMPA N.º 1254 de San José del Rincón, donde la enseñanza se construye cada día con compromiso, ternura y esperanza.

A todes ustedes, por acompañarme en este camino, inmensos agradecimientos...

Para cerrar este recorrido, elijo dejar tres voces que me acompañaron en la escritura, en la práctica, en la vida. Cada una, a su modo, me recuerda por qué hago lo que hago, y con quiénes deseo hacerlo.

Porque a veces no hay nada más personal que lo que elegimos citar.

“La creencia de que toda educación genuina viene con la experiencia...”

— *John Dewey, Experiencia y educación*

“A veces podemos pasarnos años sin vivir en absoluto, y de pronto toda nuestra vida se concentra en un solo instante.”

— *Atribuida a Oscar Wilde*

"En una sociedad que nos educa para la vergüenza, el orgullo es una respuesta política."

— Carlos Jáuregui

Sostener una tesis también fue sostenerme a mí mismo: entre el aula y el afecto, entre lo colectivo y lo incierto, entre lo que heredé y lo que elegí cuidar.

— Germán Hugo Sánchez

He utilizado (c) indicando que el título académico correspondiente se encuentra en curso. Lo incluyo como forma de reconocer y valorar trayectorias en proceso, con la certeza de que pronto se verán acompañadas por la titulación formal que merecen.

Listado de las publicaciones derivadas del trabajo de Tesis

Durante la realización de la presente tesis doctoral se produjeron diversas publicaciones académicas que permitieron difundir la investigación y recibir retroalimentación de expertos nacionales e internacionales. Estas instancias no solo validaron los progresos alcanzados, sino que también contribuyeron a repensar y articular los resultados parciales en la construcción final de la tesis.

A continuación, se presenta el listado cronológico de las principales publicaciones derivadas de este trabajo, incluyendo artículos en revistas científicas y capítulos de libro.

Trabajos publicados en revistas indexadas con referatos:

- Sánchez, G. H., Falicoff, C. B., & Lorenzo, M. G. (2015) El lugar de las actividades prácticas en Unidades Didácticas de Secundaria. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 102, (1-2) 862-866.
<https://www.aqa.org.ar/pdf102/cd/JEQUSSST%C2%AD2015-ISSN1852-1207.pdf>
- Sánchez, G. H., Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2016). Conocimiento didáctico de profesores universitarios sobre los trabajos prácticos de química inorgánica. *Educación en la Química*, 22 (2), 111-124.
- Sánchez, G. H.; Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2017). La práctica docente en el laboratorio universitario y el conocimiento didáctico del contenido de química inorgánica. *Enseñanza de las Ciencias*, (n° extraordinario), 183-190.
<https://ddd.uab.cat/record/184694?ln=ca>
- Regonat, M. S., Odetti, H. S., & Sánchez, G. H. (2021). Enseñar química general universitaria en tiempos de emergencia. *Educación en la Química*, 27(1), 120-124. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/27>
- Sánchez, G. H., Quintero, T., & Lorenzo, M. G. (2021). La enseñanza de las ciencias en la universidad: un estudio comparativo de los discursos del profesorado. *Biografía*. (Número Extraordinario), 1-8.
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14833>
- Sánchez, G. H., Quintero, T., & Lorenzo, M. G. (2021). Características de las explicaciones docentes en clases universitarias de química. *Educación Química*, 32(2), 109-119. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76992>
- Sánchez, G. H., Medina, C., & Odetti, H. S. (2023). Ingreso y permanencia en la Universidad Nacional del Litoral: Estudio de las prácticas educativas. *HOLOS*, 39(1), e14289.
<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/14289>

Capítulos de libros:

- Sánchez, G. H.; Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2017). La enseñanza en el laboratorio de química inorgánica: la mirada del docente. En Dubini, L. M.; Erice, M. X.;

Meziat Luna, D.; García Astete, M. y Bengochea Martínez, L. (Eds.) *Educación científica e inclusión sociodigital. Obras colectivas ciencias de la educación 22*. (pp. 1521-1529). Universidad de Alcalá.

Sánchez, G. H., Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2017). Caracterización de la práctica educativa de docentes universitarios en clases de laboratorio. En: P. Membiela, N. Casado, M. I. Cebreiros & M. Vidal (Eds.). *La práctica docente en la enseñanza de las ciencias*. (pp. 369-374). Educación editora.

Cambra Badii, I.; Fabro, A. I.; Odetti, H. S., & Sánchez, G. H. (2018). Comunicando avances en investigación en Argentina. En M. G. Lorenzo, A. E. Ortolani, & H. S. Odetti, (Comp.). *Comunicando la ciencia: Avances en investigación en didáctica de la ciencia*. Ediciones UNL.

Sánchez, G. H., Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2018). Estudio de trabajos prácticos de ciencias experimentales en el nivel superior. Una aproximación metodológica. En: En M. G. Lorenzo, A. E. Ortolani, & H. S. Odetti, (Compiladores). *Comunicando la ciencia: Avances en investigación en didáctica de la ciencia*. Ediciones UNL.

Sánchez, G. H., Odetti, H. S., Acuña, M. G., Medina, E. G., Baumann, A. J., Marchak, G. M., & Lorenzo, M. G. (2019). Las prácticas en el laboratorio de Química universitaria como escenario complejo de enseñanza. En: B. Macedo, S. Silveira, M. García Astete, D. Meziat, & L. Bengochea (Eds.). *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en Debate*. (pp. 332-340). Universidad de Alcalá.

Sánchez, G. H., Manfredi, M. B. y Odetti, H. S. (2020). Entre la planificación y la implementación: Tensiones en una propuesta de integración para la enseñanza de Química Inorgánica. En V. Baraldi, J. Bernik, M. Coudannes Aguirre, O. Lossio, & M. V. Luna (Comp.). *Enseñar en el Nivel Superior: diálogos, proyectos y prácticas*. (pp. 925-931). Santa Fe: Ediciones UNL.

Sánchez, G. H., Odetti, H. S., Manfredi, M. B., & Lorenzo, M. G. (2021). De lo presencial a lo virtual: La enseñanza de la química universitaria en tiempos de pandemia. En: F. Cañada, & P. Reis. (Coord.) *Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible*, (pp. 409-414). Enseñanza de las Ciencias.

Índice

<i>Agradecimientos</i>	iii
Listado de las publicaciones derivadas del trabajo de Tesis	viii
Índice	x
Índice de Tablas	xv
Índice de Figuras	xviii
Índice de Abreviaturas	xx
Resumen	xxii
Abstract	xxiii
1 Capítulo 1. Introducción: problema, preguntas y objetivos	1
1.1 Introducción	1
1.2 Definición del problema	1
1.3 El conocimiento del profesor en las clases experimentales de química. El objeto de estudio y las preguntas que guiaron la investigación	3
1.4 Contexto: La enseñanza en el laboratorio universitario de química	6
La enseñanza de la química universitaria en la UNL	6
El Departamento de Química General e Inorgánica en la FBCB y su laboratorio de enseñanza ...	8
Investigaciones previas del DQGI	13
1.5 Organización general	14
1.6 A modo de cierre	15
2 Capítulo 2: Marco teórico	16
2.1 Introducción	16
2.2 La Química como disciplina a ser enseñada	16
2.2.1 Niveles representacionales de Johnstone	22
2.2.2 Lenguaje químico	26
2.2.3 Los niveles de comprensión de Perkins: una mirada sobre la apropiación del conocimiento	28
2.3 Los laboratorios como escenario para la enseñanza y el aprendizaje de la química. Trabajos prácticos experimentales	29
2.3.1 La enseñanza en el laboratorio químico	33

2.4	El Conocimiento Didáctico del Contenido sobre la práctica experimental para la enseñanza universitaria de química	40
2.4.1	El Conocimiento Didáctico del Contenido	41
2.4.2	Componentes y modelos del CDC	43
	Modelo de Grossman (1990):.....	44
	Modelo de Magnusson et al. (1999).....	45
	Modelos de Park y Oliver (2008) y Park y Chen (2012).....	47
	Modelo de Gess-Newsome (2015).....	48
	Modelo de Consenso Refinado del CDC de Carlson y Daehler (2019) y Rodriguez y Towns (2019).....	50
2.4.3	Fuentes y Desarrollo del CDC	53
2.5	El CDC sobre la enseñanza en el laboratorio de ciencias.....	55
2.6	A modo de cierre.....	66
3	Capítulo 3. Marco Metodológico y Metodología.....	67
3.1	Introducción	67
3.2	Marco Metodológico.....	67
3.2.1	Enfoques de investigación	68
	Enfoque Descriptivo.....	68
	Enfoque Interpretativo	68
	Perspectiva contextualizada	69
3.2.2	Estrategias para la recolección de datos.....	69
	Estudio de caso.....	69
	Cuestionario	70
	La observación cualitativa.....	72
	Análisis de documentos.....	75
3.2.3	Estrategias para el análisis de datos	76
	Análisis del discurso	76
	Análisis del contenido.....	79
	Teoría Fundamentada y método comparativo constante	80
	Triangulación	83
3.2.4	Estrategias para la documentación del CDC	84
	Análisis del discurso y la Representación del Contenido.....	86
3.3	Contexto: La enseñanza en el laboratorio de QI de la FBCB-UNL	89
3.3.1	El equipo docente participante.....	90

3.3.2	El estudiantado.....	91
3.3.3	Selección de los tópicos - Clases elegidas	92
3.4	Metodología	94
	Unidades de análisis.....	96
	Variables de la investigación:.....	96
3.4.1	Estudio I: El laboratorio de enseñanza de Química	97
a)	Estudio I-A: El laboratorio de química a lo largo de la historia	97
	Objetivos específicos del estudio I-A:.....	97
	Metodología del estudio I-A	98
b)	Estudio I-B: Caracterización de las prácticas educativas en el contexto de un laboratorio universitario de Química	104
	Objetivos específicos del estudio I-B.....	104
	Metodología del estudio I-B.....	105
3.4.2	Estudio II: El conocimiento didáctico del contenido en clases de laboratorio de Química Inorgánica	107
a)	Estudio II-A: El conocimiento didáctico del contenido declarado sobre las clases de trabajos prácticos de laboratorio	108
	Objetivos específicos del estudio II-A:	108
	Metodología del Estudio II-A	109
b)	Estudio II-B: El CDC sobre las clases de laboratorio universitario: análisis de seis casos con distinto recorrido profesional	111
	Objetivos específicos del Estudio II-B.....	111
	Metodología del Estudio II-B.....	111
3.4.3	Estudio III: el CDC de un docente experto en clases presenciales y de enseñanza remota de emergencia	113
a)	Estudio III-A. El CDC de un docente experto sobre clases de laboratorio: un estudio de caso	113
	Objetivos específicos del Estudio III-A	114
	Metodología del Estudio III-A	114
b)	Estudio III-B. Enseñanza experimental durante la pandemia. Un estudio de caso de un docente experto	117
	Objetivos específicos del estudio III-B:	118
	Metodología del Estudio III-B	118
3.5	A modo de cierre.....	119
4	Capítulo 4. Resultados y Discusión	121
4.1	Introducción a los Resultados	123
4.2	Resultados del Estudio I: El laboratorio de enseñanza de Química	126

4.2.1	Introducción a los Resultados del Estudio I: El laboratorio de enseñanza de Química	126
4.2.2	Resultados del Estudio I-A. El laboratorio de química a lo largo de la historia	127
	Tres períodos en la configuración histórica del laboratorio	132
4.2.3	Conclusiones parciales del Estudio I-A. El laboratorio de química a lo largo de la historia	140
4.2.4	Resultados del Estudio I-B: Caracterización de las prácticas educativas en el contexto de un laboratorio universitario de química.....	141
	Recursos didácticos para la enseñanza de la Química en un laboratorio universitario	142
	Organización y dinámica general de las clases de laboratorio	144
	Análisis general de las clases observadas.....	146
4.2.5	Conclusiones parciales del Estudio I-B	153
4.2.6	Conclusiones del Estudio I.....	154
4.3	Resultados del Estudio II. El conocimiento didáctico del contenido en clases de laboratorio de Química Inorgánica	156
4.3.1	Introducción a los resultados del estudio II.....	156
4.3.2	Resultados del Estudio II-A: El CDC declarado sobre las clases de TPL.....	157
4.3.3	Discusión de los Resultados del Estudio II-A.....	175
4.3.4	Conclusiones parciales del estudio II A	178
4.3.5	Resultados del Estudio II-B: El CDC sobre las clases de laboratorio universitario: análisis de seis casos con distinto recorrido profesional	179
	Estudio intrasujeto.....	180
	□ “No tengo en cuenta a los alumnos”: una enseñanza centrada en el programa (D1, Nivel 1, más de 30 años de experiencia).....	180
	□ “Actividades para construir contenidos”: integración parcial desde lo pedagógico (D4).182	
	□ “Consolidar lo aprendido en clase”: técnica y control desde la enseñanza media (D9)....	184
	□ “Comprensión de los procedimientos”: resolución técnica sin intervención contextual (D10)186	
	□ “Comprender lo molecular desde lo macroscópico”: un CDC en construcción (D12).....	188
	□ “Que aprendan que pueden aprender química”: vínculo y motivación como estrategias (D13)190	
	Análisis Intersujeto.....	193
	Triangulación entre CDC declarado y CDC en acción.....	197
4.3.6	Discusión de los Resultados del Estudio II-B.....	200
4.3.7	Conclusiones Parciales del Estudio II-B	202
4.3.8	Conclusiones generales del Estudio II	204

4.4	Resultados del Estudio III: el CDC de un docente experto en clases presenciales y de enseñanza remota de emergencia.....	206
4.4.1	Introducción a los resultados del estudio III	206
4.4.2	Resultados del Estudio III-A. El CDC de un docente experto sobre clases de laboratorio: un estudio de caso.....	207
	1: ¿De qué color son las cosas?	208
	2: Análisis discursivo del docente en clases experimentales presenciales.....	215
	3: Análisis del discurso del profesor y la construcción de la ReCo	229
4.4.3	Conclusiones parciales del estudio III-A	243
4.4.4	Resultados del Estudio III-B. Enseñanza experimental durante la pandemia. Un estudio de caso de un docente experto.....	245
4.4.5	Conclusiones parciales del Estudio III-B.....	251
4.4.6	Discusión y Conclusiones del Estudio III	253
4.5	Articulación de los tres estudios: de la historia a la práctica situada.....	258
5	Capítulo 5. Conclusiones y perspectivas.....	260
5.1	Introducción	260
5.2	Síntesis integrada de todos los estudios	261
5.3	Análisis integrador	265
	Tareas y recursos: materiales y organización didáctica	265
	Lenguaje científico como recurso didáctico.....	265
	Enlaces entre representaciones.....	266
	Evaluación y coordinación de cátedra.....	266
	Cultura del laboratorio	266
5.4	Conclusión I (Objetivo I)	267
5.5	Conclusión II (Objetivo II).....	267
5.6	Conclusión III (Objetivo III).....	268
5.7	Aportes originales de la tesis.....	269
	Aportes empíricos	269
	Aportes teórico-metodológicos	269
	Aportes conceptuales	269
5.8	Implicancias para la enseñanza universitaria de QI	270
5.9	Cierre.....	271
	Referencias Bibliográficas.....	273

Índice de Tablas

Todas las tablas son de elaboración propia, excepto aquellas en las que se consigna otra fuente.

Tabla 1. Correspondencia entre preguntas de investigación, objetivos y estudios realizados	6
Tabla 2. Oferta académica de la FBCB-UNL	8
Tabla 3. Tres primeros años del Plan de estudios vigente de la carrera de Bioquímica.....	9
Tabla 4. Nómina de TP de las asignaturas a cargo del DQGI según las planificaciones vigentes al momento de la realización de la tesis.....	13
Tabla 5. Subniveles del nivel submicroscópico propuestas por Quintero (2021) y Sánchez <i>et al.</i> (2021).....	23
Tabla 6. Niveles del lenguaje propuestos por Jacob (2001).....	27
Tabla 7. Niveles de comprensión y tipos de conocimiento promovidos desde la enseñanza propuestos por Perkins (1995)	28
Tabla 8. Clasificación de las actividades prácticas y sus indicadores propuesta por Domin (1999).....	33
Tabla 9. Clasificación de los trabajos prácticos por Caamaño (2004)	33
Tabla 10. Tipos de pensamiento, características y ejemplos propuestos por Reyes Cárdenas <i>et</i> <i>al.</i> (2019).....	39
Tabla 11. Formas de CDQ definidos por Bond Robinson (2005), tareas docentes y conocimientos asociados a cada CDQ	56
Tabla 12. Comparación del modelo de Magnusson <i>et al.</i> (1999) con el propuesto por Wei <i>et al.</i> (2019) para el estudio de los trabajos prácticos de laboratorio de ciencias	60
Tabla 13. Fuentes del CDC de TPL evaluadas por Wei <i>et al.</i> (2019).....	61
Tabla 14. Items del cuestionario presentado por Vargas <i>et al.</i> (2024) para identificar la percepción del CDC de TPL de docentes de nivel secundario.	65
Tabla 15. Instrumento ReCo sobre una idea central investigada propuesta por Loughram <i>et al.</i> (2004).....	85
Tabla 16. Clasificación de las preguntas de la ReCo en función de los dominios del CDC propuesta por Loughram <i>et al.</i> (2004)	86
Tabla 17. Clasificación de las preguntas de la ReCo en función de los dominios del CDC. Adaptada de Farré y Lorenzo (2014a).	88
Tabla 18. Perfil general de los docentes participantes	91
Tabla 19. Clases y temas analizados	92
Tabla 20. Parte del programa de la asignatura QI correspondiente a los contenidos de las clases analizadas en profundidad.....	93
Tabla 21. Fuentes seleccionadas: revistas científicas por nombre, país de publicación, sitio web y cantidad de trabajos incluidos.....	99

Tabla 22. Fuentes seleccionadas: libros editados por título, país de publicación y cantidad de capítulos analizados	100
Tabla 23. Fuentes seleccionadas: bibliografía analizada organizada en orden cronológico de publicación.....	100
Tabla 24. Perfil de los equipos docentes participantes.....	106
Tabla 25. Clases y temas analizados	106
Tabla 26. Tarea de lápiz y papel inspirada en el cuestionario de Loughran <i>et al.</i> (2004) para documentar la representación del contenido adaptada para este estudio	110
Tabla 27. Categorías y niveles de la guía de análisis del estudio III-A.....	115
Tabla 28. Instrumento ReCo modificada e indicadores en el discurso de la o del profesor.....	116
Tabla 29. Articulación entre objetivos, estudios, enfoques y fuentes de datos principales.....	119
Tabla 30. Principales resultados de los estudios empíricos.....	124
Tabla 31. Fuentes analizadas en el Estudio I-A y descripción de su aporte al análisis histórico del laboratorio.	128
Tabla 32. Categorías emergentes y dimensiones descriptivas de la enseñanza en el laboratorio a lo largo del tiempo	133
Tabla 33. Tipo de actividades encontradas en la guía del alumno de QI de la FBCB – UNL ..	145
Tabla 34. Resumen de las actividades previas, texto de la guía del alumno de la actividad observada y resumen de las actividades posteriores	147
Tabla 35. Síntesis de hallazgos del Estudio II-A sobre el CDC declarado por docentes universitarios de QI.....	176
Tabla 36. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D1 – Nivel 1, 37 años de ejercicio	181
Tabla 37. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D4 – Nivel 1, 30 años de experiencia ..	183
Tabla 38. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D9 – Nivel 2, 14 años de experiencia ..	185
Tabla 39. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D10 – Nivel 2, 8 años de experiencia ..	187
Tabla 40. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D12 – Nivel 3, 2 años de experiencia ..	189
Tabla 41. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D13 – Nivel 3, 1 año de experiencia....	191
Tabla 43. Comparación del CDC declarado según dimensiones y niveles jerárquicos del equipo docente	196
Tabla 43. Ejemplos de preguntas realizadas por el docente durante las clases del Grupo 15: Nitrógeno según su función evaluativa y nivel cognitivo.....	227
Tabla 44. Ejemplos de preguntas realizadas por el docente según los niveles de comprensión de Perkins durante las clases del Grupo 15: Nitrógeno	228
Tabla 45. Síntesis comparativa del CDC de D1 en clases presenciales (Estudio III-A) y virtuales de emergencia (Estudio III-B).....	256
Tabla 46. Correspondencia entre objetivos, preguntas, hallazgos y fuente interna.....	262

Tabla 47. Ejes transversales de interpretación y su anclaje en el CDC..... 264

Índice de Figuras

Todas las figuras son de elaboración propia, excepto aquellas en las que se consigna otra fuente.

Figura 1. Vista general del laboratorio de docencia del DQGI	10
Figura 2. Mesada de trabajo del laboratorio de docencia, con materiales dispuestos para el trabajo práctico “Propiedades de los Sistemas Materiales” (QG y QGI), y sala de balanzas del DQGI	11
Figura 3. Izquierda: Sala de balanzas del DQGI. Derecha: Droguero de soluciones para TPL del DQGI.....	11
Figura 4. Elementos de bioseguridad del laboratorio: campana de gases, matafuegos, ducha de seguridad y lavaojos.....	12
Figura 5. Recomendaciones para la Química 2030, una guía de acciones hacia una química más sostenible, diversa e innovadora, adaptada de Garcia-Martinez (2021).....	19
Figura 7. Reproducción de imagen del libro utilizado para el curso de articulación entre escuela secundaria y universidad en 2024 donde se representan los niveles de representación de Johnstone para una sustancia simple. Fuente: Güemes y Odetti (2024).....	24
Figura 8. Analogía química sobre la interacción entre los componentes del CDC, adaptada de: Farré y Lorenzo (2009b).....	43
Figura 9. Representación del modelo de Grossman (1990) del CDC según la interpretación de Magnusson <i>et al.</i> (1999).....	45
Figura 10. Representación del modelo de Magnusson <i>et al.</i> , (1999)	47
Figura 11. Representación del modelo de Park y Oliver (2008) del CDC	48
Figura 12. Representación del modelo del TPK&S (siglas en inglés correspondientes a <i>teachers’ professional knowledge and skills</i>) presentado por Gess-Newsome (2015)	49
Figura 13. Representación del Modelo de Consenso Refinado del CDC (RCM) de Carlson y Daelher (2019). Traducción al español de Quintero (2021).	51
Figura 14. Representación del modelo pentagonal de Rodriguez y Towns (2019) a partir del RCM de Carlson y Dawson (2019). Traducción de Quintero (2021).....	53
Figura 15. Objetivos de la presente tesis y su relación con los estudios desarrollados.....	94
Figura 16. Una imagen de la pizarra, donde D1 esquematizó el equipo a armar como apoyo visual a sus explicaciones (uso de representaciones externas)	121
Figura 17. Representación espiralada del proceso investigativo y los resultados obtenidos. ...	122
Figura 18. <i>Amphitheatrum sapientiae aeternae</i> , Heinrich Khunrath, 1602. Grabado reproducido por Álvarez (2011b).	134
Figura 19. Vista de la École Polytechnique de París hacia 1794. Fuente: http://albindenis.free.fr/Site_escadrille/Felix_Marie.htm	135

Figura 20. Evolución de los chemistry sets en distintos contextos y momentos históricos. Arriba) Caricatura coloreada de Thomas Rowlandson representando una clase pública de química a cargo de Friedrich Accum en la Surrey Institution, c. 1810; Abajo a la izquierda) Versión francesa del Portable Chest of Chemistry de Götting (finales del siglo XVIII), actualmente en el Smithsonian Institution; Abajo a la derecha) Kit comercial de química para niños: Thames & Kosmos Chemistry C500 (siglo XXI). .	139
Figura 21. Carátulas de los materiales de las y los alumnos diseñadas por el equipo docente de DQGI para acompañar las clases integradas	142
Figura 22. Actividades de la “Guía del alumno”, de arriba abajo: actividad que recupera los contenidos teóricos; ejercitación de lápiz y papel; y actividad de laboratorio.	143
Figura 23. Carátula de la guía del docente diseñada por el equipo del DQGI para acompañar las clases integradas.	143
Figura 24. Distribución de los docentes participantes según: Años de ejercicio de los docentes participantes (izquierda) y Nivel de jerarquía del cargo (derecha).....	158
Figura 25. Transcripción de la respuesta de D3 a la pregunta 2 de la tarea de lápiz y papel. ...	160
Figura 26. Imagen del material impreso con el que cuenta el alumno donde se muestra parte de la actividad 17.	218
Figura 27. Representación del ácido hipofosforoso proyectada sobre el pizarrón.	225
Figura 28. Captura de pantalla del video de la clase durante la pandemia.....	246
Figura 29. Imagen mostrada por el docente.	250

Índice de Abreviaturas

AA	Algún o alumna Alumna
AC	Análisis del Contenido
AD	Análisis del Discurso
CDC	Conocimiento didáctico del contenido
CDCa	CDC en acción
CDCc	CDC colectivo
CDCp	CDC personal
CDQ	Conocimiento Didáctico Químico
Ci	Clases Integradas
Dn	Docente n (D1, D2...D15)
DQGI	Departamento de Química General e Inorgánica
ESERA	European Science Education Research Association (Asociación Europea de Investigación en Educación Científica)
EVEA	Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje
FBCB	Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas
FIQ	Facultad de Ingeniería Química
GTA	Graduate Teacher Assistant (Docentes Auxiliares Graduados)
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada)
NARST	National Association for Research in Science Teaching (Asociación Nacional para la Investigación en Enseñanza de las Ciencias)
NOS	Naturaleza de las Ciencias
PCK	Pedagogical Content Knowledge
RCM	Modelo de Consenso Refinado
ReCo	Representación del Contenido
RePyPs	Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica o Inventarios
QG	Química General
QGI	Química General e Inorgánica
QI	Química Inorgánica
TF	Teoría Fundamentada
TP	Trabajos Prácticos

TPK&S Teachers' Professional Knowledge and Skills (Conocimientos y
Habilidades Profesionales Docentes)

TPL Trabajos Prácticos de Laboratorio

UNL Universidad Nacional del Litoral

Resumen

Esta tesis examina cómo se construye el conocimiento científico en el nivel superior durante los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) de Química Inorgánica, al articular los aspectos propios de un dispositivo didáctico históricamente estabilizado, que incluye guías, rutinas, roles y normas estandarizadas, con el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) del profesorado. En ese entramado, la coreografía didáctica del laboratorio (la puesta en escena de roles que toman docentes y estudiantes, tiempos, circulación de materiales y consignas) aparece como la forma concreta en que el CDC se construye y orienta la actividad, tanto en la presencialidad como en su reconfiguración durante la virtualidad debido a la emergencia sanitaria de 2020.

El estudio adoptó un diseño cualitativo secuencial con triangulación de fuentes y técnicas: análisis histórico-documental del laboratorio; reconstrucción del CDC declarado y del CDC en acción; y un estudio de caso único de un docente experto que permitió contrastar la presencialidad con virtualidad. Se integraron documentos curriculares y de cátedra, guías y compendios, observaciones, cuestionarios individuales y análisis del discurso, con foco en el lenguaje científico y en los niveles representacionales de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico).

Los resultados mostraron: la centralidad histórica de guías/compendios, rutinas y seguridad, junto con una impronta verificacional de las experiencias; variaciones por jerarquía y experiencia en la explicitación de propósitos y criterios, en el tendido de puentes entre niveles representacionales y en modos de evaluación basados en evidencias, que a la vez tensionaron y alinearon el CDC declarado con el CDC en acción; la coreografía didáctica como pieza clave de coherencia: ordena la actividad, distribuye la atención, posibilita comprensiones compartidas y moldea el CDC colectivo; en la virtualidad, el caso experto preservó núcleos estables (propósitos, criterios y justificaciones conceptuales) y reconfiguró secuencias y recursos sin perder el sentido conceptual del trabajo experimental.

En suma, se caracterizó cómo se construyó el conocimiento científico en los TPL analizados, para lo cual se documentó una base organizativa estable, las comprensiones articuladas en clases, los pasajes entre registros fueron enseñaron como parte de la tarea experimental y la evaluación procesual del desempeño tanto de docentes como de estudiantes. El perfil integrado de CDC resultante ofrece un marco descriptivo y transferible para comparar configuraciones docentes en contextos y formatos diversos,

con criterios observables que orientan decisiones didácticas sin encorsetar intervenciones particulares.

Abstract

This dissertation examines how scientific knowledge is constructed in higher education during laboratory practicals (TPL) in Inorganic Chemistry, by articulating the features of a historically stabilized didactic device —guides, routines, roles, and standardized norms and procedures— with teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK). Within this configuration, the didactic choreography of the laboratory —the staging of roles assumed by instructors and students, timing, circulation of materials, and task instructions— emerges as the concrete way in which PCK is enacted and steers activity, both in face-to-face settings and in its reconfiguration during the online modality brought about by the 2020 public health emergency.

The study employed a sequential qualitative design with triangulation of sources and techniques: a historical–documentary analysis of the laboratory; a reconstruction of declared PCK and enacted PCK; and a single-case study of an expert instructor that enabled a contrast between in-person and online modalities. The corpus integrated curricular and course documents, guides and compendia, observations, individual questionnaires, and discourse analysis, with attention to scientific language and to chemistry's representational levels (macroscopic, submicroscopic, and symbolic).

Findings show: the historical centrality of guides/compendia, routines, and safety, together with a verificationist orientation in practical activities; variations by academic rank and experience in the explicitness of purposes and criteria, in the building of bridges across representational levels, and in evidence-based assessment modes that both created tensions and fostered alignment between declared and enacted PCK; the didactic choreography as a key source of coherence—it organizes activity, distributes attention, enables shared understandings, and shapes collective PCK; and, in the online modality, the expert case preserved stable cores (purposes, criteria, and conceptual justifications) while reconfiguring sequences and resources without losing the conceptual meaning of experimental work.

Taken together, the evidence characterizes how professional scientific knowledge was constructed in the analyzed TPL: on a stable organizational base, understandings were articulated in class, transitions between representational registers were taught as part of

the experimental task, and process-oriented assessment documented performance with evidence. The resulting integrated PCK profile offers a descriptive and transferable framework for comparing instructional configurations across contexts and formats, with observable criteria that inform instructional decision-making without prescribing specific interventions.

Capítulo 1. Introducción: problema, preguntas y objetivos

“La materia es materia, ni noble ni vil, con infinitas posibilidades de transformación, y no importa en absoluto su más reciente origen.”

— **Primo Levi**, *El Sistema Periódico*, p.195
(El Aleph, 2004)

1.1 Introducción

En este capítulo se presentan los aspectos generales de la tesis, incluyendo una descripción del contexto investigado y la organización general del escrito. En primer lugar, se define el problema de investigación, vinculado a la enseñanza universitaria de la química en el laboratorio, un espacio que requiere un análisis específico por su carácter experimental. Luego, se formulan las preguntas y objetivos que guiaron el trabajo, para dar paso a una descripción del contexto institucional en el que se desarrolló la investigación, incorporando aspectos históricos de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB) y el Departamento de Química General e Inorgánica (DQGI). Finalmente, se expone la estructura general del manuscrito, con una síntesis del contenido de cada capítulo.

1.2 Definición del problema

La Universidad como institución se enfrenta a los cambios sociales de la actualidad, a un contexto de incertidumbre creciente, a una población estudiantil heterogénea que forma parte de una nueva cultura de aprendizaje, a la crisis de los diseños curriculares y a un cuerpo docente con escasa o nula preparación pedagógica para afrontar estos desafíos (Lorenzo, 2017).

En este marco, las interacciones entre estudiantes y docentes en las clases universitarias son complejas, multidimensionales y situadas; su configuración depende de condiciones institucionales, curriculares y materiales. Por eso, la transferencia de propuestas de la

investigación en didáctica de las ciencias a la práctica no es lineal y con frecuencia encuentra resistencias (Vázquez *et al.*, 2007).

A este panorama se suma un rasgo estructural del nivel (Jackson, 2002), pese a la larga tradición universitaria (incluida la propia historia de la UNL, véase sección 1.4), la formación pedagógica específica no es habitual en el profesorado. Esta condición resulta clave para el diseño de dispositivos de formación y para la implementación de instrumentos de investigación educativa, particularmente en clases de laboratorio, donde deben articularse representaciones químicas, procedimientos experimentales y la gestión del trabajo práctico.

La didáctica de las ciencias ha avanzado en la descripción de objetivos, contenidos y propuestas para la enseñanza de la química en el laboratorio (Franco Moreno *et al.*, 2017, Gericke *et al.*, 2023, Shulman y Tamir, 1973, Johnstone y Al-Shuaili, 2001), pero son pocas las investigaciones que indagan qué conocimientos pone en juego un docente universitario para enseñar en el laboratorio, y más aún, en un laboratorio de Química Inorgánica (QI).

En las universidades argentinas, las prácticas docentes suelen organizarse en asignaturas que incluyen actividades de laboratorio, a cargo de equipos que, en muchos casos, presentan escasa comunicación intra e intercátedra. En los últimos años, algunas unidades académicas comenzaron a relevar estos problemas y a implementar estrategias para mejorar la articulación entre cátedras y equipos.

Considerando estas problemáticas, y entendiendo al Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), programa de investigación propuesto inicialmente por Shulman (1986), como la transformación del saber disciplinar en saber enseñable que integra conocimientos y creencias docentes para orientar decisiones sobre analogías, metáforas y ejemplos, y sobre representaciones, tareas, lenguaje, recursos y evaluación (Garritz, 2014; Abell, 2008; Gess-Newsome & Lederman, 1999). En esta tesis, se documenta y analiza el CDC colectivo del DQGI y el CDC personal de un docente universitario experto sobre clases de laboratorio de QI.

La pandemia por COVID-19, iniciada en 2020, exacerbó este problema: en el contexto de enseñanza remota de emergencia, la naturaleza experimental de la química se vio especialmente desafiada, obligando a replantear las estrategias de enseñanza y el uso del laboratorio (Talanquer *et al.*, 2020). Diversos estudios documentaron estas transformaciones, tanto a nivel internacional (Al-Soufi *et al.*, 2020; D'Angelo, 2020;

Holme, 2020) como en el contexto latinoamericano (García Franco *et al.*, 2020; Farré, 2020a). En el ámbito local, el DQGI-FBCB-UNL implementó una propuesta pedagógica adaptada para las asignaturas de primer año, un registro detallado de cada instancia de virtualización y reflexión sobre sus alcances puede revisarse en Regonat *et al.*, 2021. Estas experiencias evidenciaron la necesidad de repensar el laboratorio como escenario de enseñanza, explorar modalidades alternativas, como actividades experimentales simples o laboratorios remotos y dejar testimonio de las adaptaciones realizadas para nutrir la práctica futura.

En este sentido, esta tesis revisa el uso del laboratorio en la enseñanza de la química a lo largo de su historia, considerando distintos momentos y contextos educativos, analiza sus transformaciones y examina su rol actual como escenario de enseñanza, con el fin de identificar continuidades, cambios y posibilidades de innovación. En la próxima sección se presentan las preguntas, la hipótesis y los objetivos que orientaron la investigación.

1.3 El conocimiento del profesor en las clases experimentales de química. El objeto de estudio y las preguntas que guiaron la investigación

El objeto de esta investigación son las clases prácticas y experimentales en el laboratorio universitario de QI, un espacio particular para la enseñanza de las ciencias naturales donde se espera un rol activo del estudiante y explicaciones docentes distintas a las de otras formas de clase. Sin embargo, estudios previos muestran que estas prácticas no siempre cumplen con ese ideal. En este sentido, la presente tesis aborda un área poco explorada en la didáctica de las ciencias naturales en el nivel superior, con el propósito de describir y analizar cómo se configura el CDC en este tipo de clases.

En el nivel primario y secundario, la resignificación de los contenidos suele lograrse a través de la negociación de significados entre docentes y estudiantes mediada por el diálogo. En cambio, en el nivel superior predomina el monólogo del profesor (Coll y Sánchez, 2008), lo que limita la interacción y puede dificultar la construcción compartida de significados.

En este marco, las preguntas que guiaron la investigación se organizan según los tres objetivos que estructuran el estudio.

1. ¿Cómo ha evolucionado históricamente el laboratorio de química como espacio de enseñanza?

2. ¿Qué características presentan las prácticas educativas que actualmente se desarrollan en un laboratorio universitario de QI del nivel superior?
3. ¿Qué elementos del CDC declaran los docentes universitarios de QI sobre las clases de laboratorio?
4. ¿Qué similitudes y diferencias se observan en el CDC declarado y en acción de docentes con distintos niveles de experiencia?
5. ¿Cómo se configura el CDC de un profesor universitario experto en clases presenciales de laboratorio de QI?
6. ¿Cómo se adapta el CDC de un profesor universitario experto a la enseñanza remota de emergencia?

Estas preguntas se vinculan con las hipótesis generales:

- El discurso del profesor se ve influenciado por los contextos de actuación (tipo de clase, asignatura, características de los estudiantes, experiencia docente).
- Un mayor CDC se traduce en una mayor versatilidad en el uso de estrategias y recursos didácticos para favorecer la comprensión en el laboratorio.

Objetivo general

Reconocer el Conocimiento Didáctico del Contenido de docentes universitarios de Química Inorgánica en relación con clases de laboratorio, integrando la perspectiva histórica y contextual como el análisis de sus configuraciones en modalidad presencial y remota de emergencia.

Objetivo I

Relevar y analizar la historia, las características y el contexto actual de las clases de trabajos prácticos de laboratorio de Química Inorgánica como escenario de enseñanza en el nivel universitario.

Objetivo II

Describir y analizar las prácticas de enseñanza de docentes universitarios en clases prácticas y experimentales de laboratorio de Química Inorgánica.

Objetivo III

Documentar el Conocimiento Didáctico del Contenido de un profesor universitario experto de Química Inorgánica en distintos contextos de enseñanza, incluyendo clases presenciales de laboratorio y enseñanza remota de emergencia durante la pandemia de COVID-19.

De esta manera, cada uno de los objetivos planteados se vincula directamente con dos de las preguntas de investigación formuladas anteriormente, lo que asegura una correspondencia clara entre las preguntas iniciales y las acciones desarrolladas para responderlos. Este encuadre metodológico orientó el diseño de la tesis, estructurado en tres estudios complementarios:

- En primer lugar, se exploran las transformaciones históricas del laboratorio como forma de clase (Estudio I-A) y se documenta su configuración actual en un contexto universitario específico (Estudio I-B).
- En segundo lugar, se describen las concepciones declaradas por docentes universitarios sobre la enseñanza en el laboratorio (Estudio II-A) y se analizan, junto con el CDC en acción, en docentes con diferentes niveles de experiencia (Estudio II-B).
- Por último, en tercer lugar, se estudia en profundidad el CDC de un docente universitario experto, tanto en clases presenciales (Estudio III-A) como en la modalidad remota de emergencia (Estudio III-B).

La relación entre las preguntas de investigación, los objetivos y los estudios desarrollados se sintetiza en la tabla 1, que permite visualizar la correspondencia entre los interrogantes iniciales, las metas de la investigación y el diseño metodológico implementado en cada etapa del trabajo.

Tabla 1. Correspondencia entre preguntas de investigación, objetivos y estudios realizados

Pregunta de investigación	Objetivo asociado	Estudio correspondiente
1. ¿Cómo ha evolucionado históricamente el laboratorio de Química como espacio de enseñanza?	Objetivo I	Estudio I-A
2. ¿Qué características presentan las prácticas educativas que actualmente se desarrollan en un laboratorio universitario de QI del nivel superior?	Objetivo I	Estudio I-B
3. ¿Qué elementos del CDC declaran los docentes universitarios de QI sobre las clases de laboratorio?	Objetivo II	Estudio II-A
4. ¿Qué similitudes y diferencias se observan en el CDC declarado y en acción de docentes con distintos niveles de experiencia?	Objetivo II	Estudio II-B
5. ¿Cómo se configura el CDC de un profesor universitario experto en clases presenciales de laboratorio de QI?	Objetivo III	Estudio III-A
6. ¿Cómo se adapta el CDC de un profesor universitario experto a la enseñanza remota de emergencia?	Objetivo III	Estudio III-B

En sintonía con el epígrafe de Levi, se concibe el laboratorio como un espacio de transformación y análisis situado. En el apartado siguiente se caracteriza el contexto institucional en el que se desarrolló esta investigación.

1.4 Contexto: La enseñanza en el laboratorio universitario de química

En este apartado se describen aspectos del contexto institucional en el que se desarrolló la presente investigación. Se presenta, en primer lugar, una síntesis de la historia de la UNL y de su FBCB, así como algunas características de las carreras que allí se dictan.

La enseñanza de la química universitaria en la UNL

La UNL fue creada en el año 1919, tomando los principios de la reforma universitaria de 1918 como rectores en su constitución. Contemplando las facultades mayores anexas al Colegio de la Inmaculada Concepción y la universidad provincial: Universidad de Santa Fe, creada en 1890.

En las carreras universitarias donde las ciencias naturales ocupan un rol central, las clases suelen organizarse en al menos dos formatos: teóricas y prácticas. Estas últimas incluyen, entre otras, clases de resolución de problemas, de ejercitación y de laboratorio. La química, como ciencia experimental, estudia la materia, sus propiedades y las transformaciones que experimenta. Por esta razón, constituye un componente esencial en carreras vinculadas a la salud y al ambiente, como Bioquímica (B), Licenciatura en Biotecnología (LB), Licenciatura en Nutrición (LN), Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo (LHST) y Licenciatura en Saneamiento Ambiental (LSA).

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

La FBCB tiene sus orígenes en las licenciaturas en Química y en Química Biológica, que ofrecían la posibilidad de optar por el título de Bioquímico al cursar seis asignaturas adicionales en otra universidad. Estas carreras formaban parte de la oferta de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) a comienzos de la década de 1960. En 1966, la carrera comenzó a dictarse íntegramente en la ciudad de Santa Fe. En 1972 se creó la Escuela Universitaria de Bioquímica, dependiente del Rectorado de la UNL, y en 1973 se constituyó formalmente la FBCB, tomando como base la estructura de dicha Escuela y del Departamento de Química Biológica de la FIQ.

Durante sus primeros años, la FBCB desarrolló sus actividades en distintas sedes de la ciudad, como los hospitales Cullen e Iturraspe, el Comedor Universitario y la llamada “Casa de los Números”, hasta que en 1981 se concretó su traslado definitivo a la Ciudad Universitaria, tras un proceso progresivo de reubicación de cátedras y laboratorios.

La FBCB amplió su propuesta académica con la incorporación de carreras de posgrado, comenzando por el Doctorado en Ciencias Biológicas y, posteriormente, la Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales, el Doctorado en Física, entre otros. En 1990, la Escuela Superior de Sanidad “Dr. Ramón Carrillo” (ESS), creada en 1946, se integró a la FBCB, sumando su trayectoria en carreras de pregrado y grado orientadas a la salud. Hacia finales de la década de 1990 se incorporó la Licenciatura en Biotecnología, y en los primeros años de la década de 2000, la Licenciatura en Nutrición (tabla 2).

Tabla 2. Oferta académica de la FBCB-UNL

Carrera		
De pregrado	De grado	De posgrado
FBCB	Bioquímica (B)	4 carreras de
	Licenciatura en Biotecnología (LB)	doctorado, 3 de
	Licenciatura en Nutrición (LN)	maestría, 4 de
		especialización
ESS	Tecnicatura en Administración de la Salud	Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo (LHST)
	Tecnicatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo (THST)	Licenciatura en Terapia Ocupacional
	Tecnicatura Universitaria en Salud Ambiental (TUSAM)	Licenciatura en Saneamiento Ambiental (LAS)
	Tecnicatura en Estadísticas de Salud	Licenciatura en Administración de la Salud
	Tecnicatura en Podología	
	Tecnicatura Universitaria en Gestión Universitaria	

El Departamento de Química General e Inorgánica en la FBCB y su laboratorio de enseñanza

El DQGI cuenta con un equipo docente con amplia trayectoria en la enseñanza universitaria, la investigación disciplinar y en educación en química. Su estructura favorece la formación y promoción de docentes, quienes en su mayoría se inician como estudiantes en Servicios de Formación Extracurricular, Becas de Tutorías o en el cargo de Ayudante Alumno. A partir de esa experiencia, y mediante concursos, pueden acceder a cargos auxiliares, Ayudante de Cátedra o Jefe de Trabajos Prácticos, y posteriormente a Profesor Adjunto, Asociado o Titular.

El DQGI tiene a su cargo la enseñanza de tres asignaturas de primer año: Química General (QG), Química General e Inorgánica (QGI) y Química Inorgánica (QI):

- **QG** se dicta en el primer cuatrimestre del primer año de las carreras de pregrado (THST y TUSAM) y de grado (B, LB, LHST y LSA), con una carga horaria de 120 horas distribuidas en 15 semanas. La planificación vigente contempla clases

teóricas, coloquios (resolución de problemas) y trabajos prácticos de laboratorio (TPL). El objetivo general es que el estudiantado conozca las especies químicas, elementos y compuestos, sus propiedades y reacciones, así como los métodos de identificación, separación, síntesis y aplicaciones. Entre los objetivos específicos se incluyen el estudio de la velocidad de las reacciones, los factores termodinámicos y cinéticos que las afectan, sus mecanismos y las propiedades de las sustancias y materiales, considerando la estructura de la materia y las fuerzas que las cohesionan.

- **QGI** se dicta en el primer cuatrimestre del primer año de la carrera de LN. Tiene la misma carga horaria y estructura que QG, con clases teóricas, coloquios y TPL obligatorios.
- **QI** se dicta en el segundo cuatrimestre del primer año de las mismas carreras de QG, con 120 horas distribuidas en 15 semanas. Para cursarla, el estudiantado debe haber regularizado QG, por lo que se espera que cuente con los contenidos básicos y destrezas elementales de laboratorio, incluyendo nociones de bioseguridad. QI es un requisito para asignaturas posteriores, como Química Orgánica I en segundo año de B (tabla 3) y LB. Su propuesta combina clases teóricas y clases integradas, que incluyen resolución de problemas y actividades experimentales desarrolladas íntegramente en el laboratorio en dos encuentros semanales.

Tabla 3. Tres primeros años del Plan de estudios vigente de la carrera de Bioquímica

Plan de estudios de Bioquímica	Asignaturas y Cursos de Grado	
Primer año	<ul style="list-style-type: none"> • Química General • Matemática General • Seguridad en Laboratorios 	<ul style="list-style-type: none"> • Química Inorgánica • Análisis Matemático • Biología General
Segundo año	<ul style="list-style-type: none"> • Química Orgánica I • Física I • Físicoquímica • Química Orgánica II 	<ul style="list-style-type: none"> • Física II • Estadística • Química Analítica I
Tercer año	<ul style="list-style-type: none"> • Bioquímica Básica de Macromoléculas • Biología Celular y Molecular • Química Analítica II • Química Biológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Microbiología General • Morfología Normal • Control de Calidad

Al momento de la realización del trabajo de campo de esta tesis, la asignatura QI era cursada anualmente por aproximadamente 350 estudiantes.

Laboratorio de enseñanza del DQGI

El DQGI dispone de un laboratorio de docencia destinado exclusivamente al desarrollo de actividades prácticas. Se trata de un espacio de 69 m², amplio y equipado, con cuatro mesadas fijas en el centro y una mesada lateral con azulejos y armarios (figura 1).



Figura 1. Vista general del laboratorio de docencia del DQGI

Las mesadas cuentan con conexión de gas natural, agua potable y electricidad (220 V y transformador de 12 V), distribuidas a lo largo de la superficie de trabajo, así como dos piletas con canillas en los extremos. Las mesadas centrales son utilizadas por los estudiantes para la realización de experiencias prácticas en pequeños grupos, y cuentan con alzadas para la disposición de materiales y reactivos. Las mesadas laterales funcionan como repositorios de materiales y de equipamientos para experiencias demostrativas (figura 2).

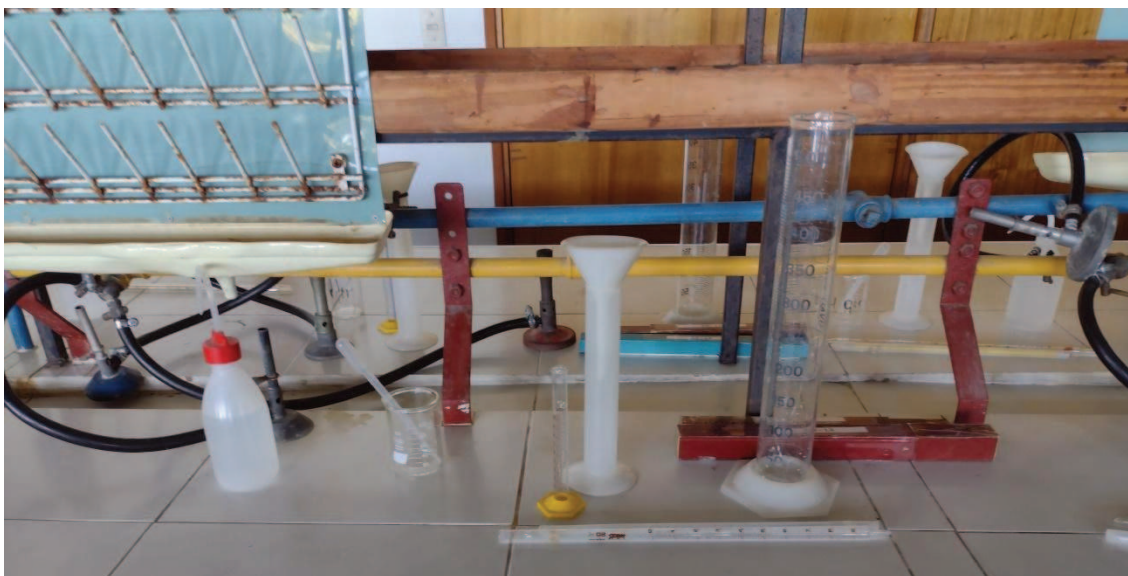


Figura 2. Mesada de trabajo del laboratorio de docencia, con materiales dispuestos para el trabajo práctico “Propiedades de los Sistemas Materiales” (QG y QGI), y sala de balanzas del DQGI

El laboratorio dispone de una sala de balanzas equipada con tres balanzas analíticas y armarios para el almacenamiento de materiales, un droguero del departamento y las soluciones necesarias para el desarrollo de las prácticas (figura 3).



Figura 3. Izquierda: Sala de balanzas del DQGI. Derecha: Droguero de soluciones para TPL del DQGI.

Además, cuenta con equipamiento diverso como estufa, desecadores, destilador, centrífuga, cañón proyector, computadora y televisor, así como con elementos de bioseguridad: ducha de seguridad, lavaojos, kit antiderrame, matafuegos, detector de gases, alarma de incendios y campana de gases (figura 4).



Figura 4. Elementos de bioseguridad del laboratorio: campana de gases, matafuegos, ducha de seguridad y lavaojos

Las clases de laboratorio están a cargo de un Equipo docente. Éste está conformado por un/una docente responsable (por lo general de mayor jerarquía y trayectoria) y un grupo de docentes auxiliares (por lo general de menor jerarquía y trayectoria) que asisten al/ a la primero/a durante la realización.

El estudiantado cuenta con una guía de actividades elaborada por el equipo de cátedra, disponible en el entorno virtual de cada asignatura. Se espera que los estudiantes estudien el contenido antes de asistir a las clases de TPL. Durante las clases integradas se realizan experiencias que implican la manipulación de reactivos, materiales e instrumental de laboratorio, de acuerdo con el tema abordado (tabla 4). Estas actividades fomentan la observación de transformaciones químicas, la formulación y evaluación de hipótesis, la argumentación y articulación con contenidos teóricos, la justificación con datos termodinámicos y cálculos, así como la discusión entre pares para llegar a conclusiones.

Tabla 4. Nómina de TP de las asignaturas a cargo del DQGI según las planificaciones
vigentes al momento de la realización de la tesis

QGI (LN)	QG (común a las otras carreras)	QI (común a las otras carreras)
1. Seguridad en el laboratorio. Propiedades de los sistemas materiales.	1. Seguridad en el laboratorio. Propiedades de los sistemas materiales.	1. Predicción de Reacciones Ácido - Base y de Precipitación
2. Métodos separativos.	2. Métodos separativos.	2. Redox
3. Gases.	3. Gases.	3. Hidrógeno y Oxígeno
4. Termoquímica.	4. Termoquímica.	4. Metales Alcalinos y Alcalinos Térreos
5. Fuerzas intermoleculares. Líquidos. Sólidos.	5. Fuerzas intermoleculares. Líquidos. Sólidos.	5. Corrosión
6. Disoluciones.	6. Disoluciones.	6. Metales de Transición
7. Cinética Química.	7. Cinética Química.	7. Complejos I
8. Equilibrio Químico. Equilibrios de solubilidad.	8. Equilibrio Químico. Equilibrios de solubilidad.	8. Complejos II
9. Equilibrios ácidos y bases.	9. Equilibrios ácidos y bases.	9. Complejos III
10. Equilibrios ácidos y bases.	10. Equilibrios ácidos y bases.	10. Carbono
11. Electroquímica.	11. Electroquímica.	11. Nitrógeno - Fósforo
12. Química de los Metales y No Metales.		12. Azufre
		13. Halógenos

Investigaciones previas del DQGI

La propuesta didáctica de la asignatura QI durante el período analizado en esta tesis, con sus clases integradas de resolución de problemas y laboratorio, se originó a partir de resultados de investigaciones previas realizadas en el DQGI. Durante la década de 2000 se desarrollaron dos tesis de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la FBCB-UNL que fundamentaron esta propuesta.

La primera, de la Prof. Marta Caccia, titulada *La integración como propuesta didáctica* (director: Dr. Odetti), tuvo como objetivos estudiar la posibilidad de integrar los saberes que tradicionalmente se trabajaban en clases teóricas, de coloquio y de laboratorio, y evaluar en qué medida dicha integración favorecía aprendizajes significativos y evitaba la fragmentación. Como parte de la propuesta se diseñó e implementó un Seminario de Integración, que resultó un espacio para articular saberes y reflexionar sobre nuevas estrategias de enseñanza (Caccia, 2007).

La segunda, de la Lic. Norma Kindsvater, titulada *Diseño de actividades prácticas en la enseñanza de la Química Inorgánica* (directores: Mag. Castells y Dr. Odetti), tuvo

como objetivo generar una propuesta de actividades prácticas diversas que promovieran el razonamiento, la interpretación, la discusión y la socialización del conocimiento en QI. La propuesta se desarrolló íntegramente en el laboratorio, entendido como un “*centro de operaciones fundamental para experiencias de aprendizaje, ineludible, creativo, oportuno, motivador, pináculo en la construcción de saberes*” (Kindsvater, 2012).

En síntesis, el DQGI de la FBCB-UNL constituye el contexto institucional y material donde se desarrollan las clases prácticas y experimentales analizadas en esta tesis, con una tradición de trabajo en equipo y un laboratorio de docencia equipado para actividades integradas. A continuación, se presenta la estructura general de los capítulos que siguen.

1.5 Organización general

La presente tesis se organiza en cinco capítulos.

En el Capítulo 2, *Marco teórico*, se abordan primero los fundamentos conceptuales del análisis del discurso docente en clases de ciencias, detallando enfoques, categorías y marcos que permiten interpretar las interacciones en el aula y el laboratorio. A continuación, se presenta el modelo del CDC y sus desarrollos recientes, junto con los modelos específicos aplicados a la enseñanza de la química. El capítulo finaliza con una revisión de los estudios sobre la enseñanza en el laboratorio de química y el cruce con el CDC.

En el Capítulo 3, *Marco metodológico y Metodología*, se justifican las decisiones de diseño de la investigación y se describen los procedimientos seguidos. Se explicitan los criterios de selección de casos, las fuentes de datos y las herramientas de documentación y análisis utilizada, en particular, la representación del contenido (ReCo) y el análisis del discurso, junto con la caracterización del contexto institucional y de los contenidos considerados. El capítulo cierra con la descripción de los tres estudios desarrollados: el Estudio I, de carácter historiográfico y documental sobre el laboratorio de química; el Estudio II, centrado en el relevamiento del CDC colectivo de docentes universitarios con distintos niveles de experiencia; y el Estudio III, un estudio de caso que documenta en profundidad el CDC personal de un docente experto en clases presenciales de laboratorio y en su adaptación a la enseñanza remota de emergencia.

En el Capítulo 4, *Resultados y discusión*, se presentan los hallazgos de cada estudio y su integración. El Estudio I reconstruye tres períodos históricos en la configuración del laboratorio como forma de clase (I-A) y describe las prácticas educativas actuales en un laboratorio universitario de QI (I-B). El Estudio II analiza el CDC colectivo (II-A) y de docentes con distintos niveles de experiencia, identificando patrones comunes y diferencias asociadas a la jerarquía y a la trayectoria (II-B). El Estudio III documenta en detalle el CDC personal de un profesor universitario experto: en la enseñanza presencial (III-A), se examina el uso de recursos, la recuperación de saberes previos, el manejo del lenguaje científico y la articulación de niveles representacionales; y en la enseñanza remota de emergencia (III-B), se analizan las adaptaciones en estrategias, recursos y vínculos pedagógicos. Cada estudio cierra con una discusión que pone en diálogo estos hallazgos con los marcos teóricos y la literatura especializada.

En el Capítulo V, *Conclusiones y perspectivas*, se sintetizan los aportes principales de la tesis, se formulan implicancias para la enseñanza universitaria de la química y se proponen líneas futuras de investigación.

1.6 A modo de cierre

En este primer capítulo se presentó el problema de investigación, centrado en el laboratorio de Química Inorgánica y la enseñanza universitaria en la UNL, y se describió la estructura general de la tesis.

En conjunto, la tesis contribuye a la didáctica de la química en el nivel universitario al documentar configuraciones del CDC en clases de laboratorio, articular evidencia histórica y empírica y describir en detalle las prácticas de un docente experto en contextos presencial y remoto. Estos hallazgos ofrecen insumos analíticos para el diseño de propuestas didácticas y para la formación de docentes de ciencias en el nivel superior.

En el próximo capítulo, se desarrollan los marcos teóricos que sustentan los análisis posteriores.

Capítulo 2: Marco teórico

“After some 30 years of (analyzing teaching), I have concluded that classroom teaching is perhaps the most complex, most challenging, and most demanding, subtle, nuanced, and frightening activity that our species has ever invented.”

— **Lee S. Shulman**, *The Wisdom of Practice: Essays on Teaching, Learning, and Learning to Teach*, p. 504 (Jossey-Bass, 2004)

“...la perfección no está en las vicisitudes que se viven, sino en las que se cuentan.”

— **Primo Levi**, *El Sistema Periódico*, p.233 (El Aleph, 2004)

2.1 Introducción

En este capítulo se presentan los marcos teóricos que fundamentan el trabajo realizado en el desarrollo de esta tesis. En una primera parte, pone su atención en las características particulares de la química como disciplina esencial para la formación universitaria en carreras vinculadas a las ciencias experimentales y de la salud. En segundo lugar, se plantea el estudio de los laboratorios como escenarios específicos y necesarios para la enseñanza y el aprendizaje de una asignatura experimental como la química. En tercer lugar, se describe el modelo del CDC desde el cual se estructura el diseño de esta investigación educativa. Se desarrollan sus características iniciales y sus transformaciones a lo largo del tiempo, incluyendo el último modelo, Modelo Consensuado Refinado. Finalmente, se describen investigaciones centradas particularmente en la enseñanza en el laboratorio de ciencias desde el modelo del CDC.

2.2 La Química como disciplina a ser enseñada

En este apartado se introducen las problemáticas de la enseñanza de la química, las líneas de investigación en educación en ciencias en general y de la química en particular, así como los constructos teóricos que consideran aspectos relevantes para el

análisis de su enseñanza. En primer lugar, se recupera el modelo de los niveles representacionales propuesto por Johnstone (1982, 1983), que permite comprender las dificultades asociadas a la multiplicidad de registros que intervienen en la producción y transmisión del conocimiento químico. Luego, se aborda el lenguaje químico como una forma particular de lenguaje científico, con implicancias específicas para la enseñanza. Finalmente, se incorpora el enfoque de los niveles de comprensión propuesto por Perkins (1995), que permite analizar el tipo de apropiación conceptual que se promueve en las clases de química, desde una lógica de contenidos reproductivos hasta formas más epistémicas o investigativas del saber.

La química y su enseñanza, a lo largo del tiempo ha tenido una tradición fuertemente positivista, construyendo los saberes químicos a partir de inferencias lógicas basadas en la observación de fenómenos y la toma meticulosa de datos empíricos de manera sistemática. Por otra parte, hija de la alquimia, aún guarda cierto hermetismo y esoterismo en tradiciones heredadas (Talanquer, 2009). Por su parte, Schummer (1997) considera que la química es la ciencia más productiva en términos creativos y de capacidad creadora, tanto así que son sintetizadas dos millones de sustancias nuevas cada año. Frecuentemente, la enseñanza de la química ha estado desconectada de la vida cotidiana, la tecnología, la sociedad y la historia y filosofía de la ciencia. En esta línea, Sjöström y Talanquer (2014) han discutido sobre la importancia de incorporar diferentes enfoques humanistas en la educación de la química, desde la contextualización hasta la problematización multifacética, para alcanzar una enseñanza crítica, construyendo conocimientos contextualizados con diferentes niveles de complejidad en esta integración.

Asimismo, Sjöström *et al.* (2020) consideran que es esencial que los educadores de Química reconozcan y reflexionen sobre los modelos didácticos que guían su trabajo, ya que son influenciados por ellos, explícita o implícitamente. Es a través de ellos con los que toman decisiones y acciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje en sus aulas. Estos modelos afectan la planificación curricular, la enseñanza y la evaluación del proceso de aprendizaje en química y permean al lenguaje profesional docente. Cuando se utilizan de manera sistemática, los modelos didácticos apoyan la implementación de prácticas educativas basadas en la investigación y son útiles en el desarrollo profesional de los educadores de ciencias y de Química en particular.

Es así que, Sjöström *et al.* (2020) han identificado y clasificado seis modelos didácticos diferentes para la enseñanza de la Química: a.- modelos de contenido (ayudan a pensar el qué enseñar, como el modelo de Johnstone, que será abordado en el siguiente apartado), b.- modelos de importancia (abordan el porqué enseñar con la posibilidad de incluir aspectos humanísticos), c.- modelos de secuencia (relacionados con cómo aprenden los estudiantes y cómo se da la progresión del aprendizaje), d.- modelos de práctica (abordando el cómo enseñar un determinado tema a un cierto grupo de estudiantes, por ejemplo un modelo para la enseñanza del dibujo de estructuras de Lewis), e.- modelos curriculares (abordan de manera integral la educación como el modelo de las cuestiones sociocientíficas), f.- modelos de análisis y reflexión (tales como los que invitan a problematizar la enseñanza con espíritu sociocrítico y ecoambiental).

A comienzos de la presente década, el entonces presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC por sus iniciales en inglés) explicitó cuáles son los desafíos que deben afrontar quienes se dedican a desarrollar la química en la nueva década (2021-2030). Estos desafíos han sido contemplados en una lista de recomendaciones clave a partir de la consulta de diferentes organizaciones, iniciativas y autores, generando así un recurso que sirva de guía para el desarrollo de la química y responder a los desafíos cada vez más complejos e interconectados que presenta el Mundo en el Siglo XXI. En la figura 5 se presentan los cuatro pilares que deberían definir nuestros esfuerzos para la presente década: educación, sostenibilidad, diversidad e innovación (García-Martínez, 2021).



Figura 5. Recomendaciones para la Química 2030, una guía de acciones hacia una química más sostenible, diversa e innovadora, adaptada de Garcia-Martinez (2021)

En tal sentido, se pudo evidenciar cómo la pandemia de COVID-19 no solo transformó la educación en la Química en todo el mundo, sino que también lo hizo la labor de muchas y muchos químicos, quienes se abocaron a la búsqueda de estrategias innovadoras para el desarrollo de nuevas formas de protección, identificación, tratamiento del virus, así como el diseño de diferentes vacunas contra el virus SARS-CoV-2 (Garcia-Martinez, 2021). Este hecho muestra la importancia de contar con una enseñanza en ciencias de calidad con el fin de formar profesionales altamente capacitados y actualizados en carreras científicas preparados para afrontar los desafíos e incertidumbres que nos depara el futuro.

Actualmente, a pesar de los esfuerzos destinados a la alfabetización científica de la población, existen muchas personas que continúan negando la importancia de la actividad humana en el calentamiento global, o más aun, existe toda una industria que gana cada vez más dinero por etiquetar a sus productos como libres de químicos, situaciones abonadas por las tecnologías y los medios sociales. En 2020, se ha podido ver el fortalecimiento de los movimientos antivacunas o la inclinación a pensar que la pandemia era el producto de la intencionalidad de un país en particular o de una compañía farmacéutica (Garcia-Martinez, 2021).

De este modo, a lo largo de las últimas cuatro décadas, ha cobrado relevancia la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias naturales, cuyos resultados transforman las aulas de ciencias en todo el mundo. Si bien el número de publicaciones cada vez es mayor sobre temas diversos, la gran mayoría de ellas ha sido realizada para niveles del sistema educativo distintos al universitario. Tal es el caso de parte de las investigaciones llevadas adelante por Jenaro Guisasola de la Universidad del País Vasco, España, quien, junto con su grupo, diseña secuencias de enseñanza y aprendizaje como propuestas novedosas para las aulas de educación secundaria y las analiza desde diferentes perspectivas. A modo de ejemplo, en un trabajo publicado en 2021 con datos obtenidos en un taller de divulgación científica sobre las medidas de prevención ante la COVID-19, para investigar las concepciones y el razonamiento de los estudiantes de secundario sobre las medidas de seguridad llevadas adelante durante la pandemia. Al mismo tiempo de estudiar cómo la información basada en evidencia científica puede influir en la toma de decisiones, incluyendo la decisión de vacunarse o no. Para ello,

utilizaron un diseño pre-post para examinar las ideas y el razonamiento de los estudiantes en relación con las medidas de prevención para evitar el contagio de la COVID-19. Los resultados indicaron que la intervención educativa mejoró el conocimiento de los estudiantes sobre la base científica y la importancia de las medidas de prevención, así como su actitud hacia la vacunación (Portillo-Blanco *et al.*, 2022).

Por otra parte, el grupo de María Rut Jiménez-Liso de la Universidad de Almería, también de España, se ha ocupado de estudiar la formación de docentes de escuela primaria. En 2022, publicó un trabajo (Amat González *et al.*, 2022) donde se presentan los resultados de un estudio relacionado con el propósito de acortar la brecha entre la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales y la práctica docente en Educación Primaria mediante la implementación de secuencias cortas de Indagación Basada en Modelos en las aulas de seis maestras. Se trabajó con entrevistas pre y post intervención para conocer sus prácticas habituales al enseñar ciencias y documentar qué aspectos/cuestiones destacaban tras observar el efecto de las secuencias llevadas adelante con sus propios alumnos. Los resultados indicaron que la mayoría de las maestras reconocieron que su enfoque habitual al enseñar ciencias se centraba en la memorización y la transmisión de definiciones, apoyadas por experimentos. El mayor efecto observado por las maestras durante la implementación de las secuencias fue la importancia de formular preguntas que dieran sentido a la secuencia, así como la expresión de ideas por parte de los alumnos y la búsqueda de pruebas que desafiaran las creencias preconcebidas de los estudiantes.

Además, en el contexto latinoamericano, se pueden mencionar las investigaciones del grupo de Rosária Justi de la Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, sobre naturaleza de la ciencia (*nature of science*, NOS por sus siglas en inglés) y contextualización de los saberes en la escuela secundaria. A modo de ejemplo, la autora publicó en 2022 un trabajo que aborda el análisis de las relaciones entre la argumentación de los estudiantes y sus visiones sobre la NOS expresadas en un debate socio-científico (Martins y Justi, 2022). Las autoras pudieron identificar las visiones de los estudiantes sobre NOS a partir del análisis del contenido de sus frases argumentativas. Encontraron que las argumentaciones más complejas eran aquellas que incluían aspectos relacionados con un mayor número de disciplinas de la ciencia

Por otra parte, y para contextualizar algunas investigaciones realizadas en el campo de la educación de la química en los últimos tiempos, se comentan a continuación algunos trabajos publicados por diferentes autores.

El mencionado grupo de Jenaro Guisasola, en un trabajo publicado en 2023 (Domínguez Sales *et al.*, 2023), abordó la comprensión sobre equilibrios de solubilidad químicos en estudiantes de bachillerato y se compararon sus respuestas a un cuestionario con las de estudiantes de grado del primer año de estudios de un profesorado. El análisis epistemológico de los argumentos reveló que los estudiantes ofrecían explicaciones que se situaban entre ideas ingenuas y científicas, así como respuestas fragmentadas e inconsistencias internas. Los resultados indicaron que la comprensión de los equilibrios de solubilidad se ve obstaculizada por dificultades para asimilar conceptos clave como equilibrio, solubilidad de una sal y saturación de la disolución, así como la incapacidad para establecer conexiones entre ellos.

Por su parte, Glinda Irazoque, de la Universidad Nacional Autónoma de México, y su grupo publicaron recientemente un trabajo que aborda aspectos de cinética química a través de cuatro ejemplificaciones que ilustran cómo los catalizadores, la temperatura y la concentración de los reactivos afectan el desarrollo de ciertos procesos que pueden ser vitales para la salud humana, la reducción de la contaminación ambiental y la construcción de modelos para realizar predicciones epidemiológicas en medio de una pandemia (Irazoque *et al.*, 2023).

Para terminar con esta breve introducción a las investigaciones en educación en la Química, Sibel Erduran, académica chipriota quien desarrolla sus investigaciones en la Universidad de Oxford en el Reino Unido, presentó un recorrido por sus investigaciones sobre el uso de la argumentación en las aulas de Química y cómo podría incorporarse la misma a partir de los resultados de investigación que lleva adelante junto a su grupo de trabajo (Erduran, 2021).

Dada la permanente y extendida preocupación de los docentes e investigadores acerca de las problemáticas que implica la enseñanza de la química y las dificultades que conlleva su aprendizaje, en esta tesis se abordarán aspectos relacionados con la docencia universitaria y con los saberes que poseen las y los profesionales que se encuentran a cargo de su enseñanza en este nivel. Precisamente, con respecto a los perfiles de los docentes universitarios, Caballero y Bolívar (2015) realizan una reflexión y concluyen que existen dos grandes perfiles: por un lado, su perfil docente y por el otro su perfil

investigador. Estos autores manifiestan que existe una fuerte tendencia a marcar diferencias entre las y los investigadores y las y los docentes en la universidad, lo que redundaría en un desequilibrio en la identidad profesional que podría afectar a la enseñanza. En investigaciones previas habían indicado que los docentes más jóvenes se veían como investigadores más que docentes mientras que para los expertos ocurría a la inversa, es decir que se veían como docentes más que como investigadores. En particular, al comienzo de la carrera, los docentes nóveles se empeñan por conocer la asignatura que enseñan y alcanzar algunas estrategias que les permitan salir airoso de las clases, mientras que los docentes con mayor experiencia poseen tanto el conocimiento de la asignatura como las diferentes estrategias para su enseñanza.

Es de destacar que son menos las investigaciones que abordan las problemáticas que atañen a la enseñanza de la química en el contexto de laboratorio, y más aún cómo se configuran los perfiles docentes universitarios, aspectos estos que serán abordados más adelante en este capítulo.

A continuación, se desarrollan dos ideas centrales para la didáctica de la química que han sido fundamentales en el desarrollo de esta tesis. La primera se refiere a las representaciones de las sustancias químicas, analizadas a partir del modelo representacional de Johnstone. La segunda aborda la manera en que las y los químicos construyen significados mediante el lenguaje técnico-disciplinar y los niveles de comprensión de Perkins.

2.2.1 Niveles representacionales de Johnstone

Uno de los modelos más importantes de la didáctica de la química es el propuesto por Johnstone (1982, 1993, 2000), el cual indica que el mundo material y los fenómenos químicos pueden ser representado en tres niveles distintos pero interconectados. Considera tres niveles: macroscópico, submicroscópico y simbólico (figura 6). A continuación, se describe cada uno de ellos.

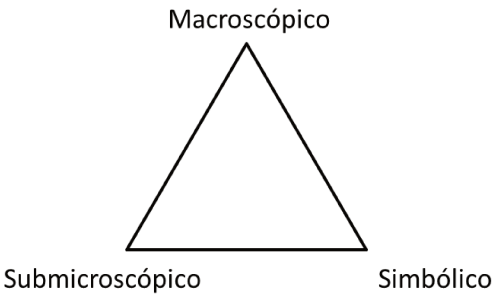


Figura 6. Niveles de representación de Johnstone (1991)

- *Nivel Macroscópico:* relacionado con la experiencia observacional y perceptible en el laboratorio y la vida cotidiana, a la que se agregan los conocimientos y modelos vinculados a dicha práctica.

En particular, y a partir del estudio del discurso en clase de docentes universitarios utilizando elementos de la teoría fundamentada (Manfredi y Lorenzo, 2023, Quintero, 2021; Sánchez *et al.*, 2021), se ha dividido a este nivel representacional en tres subniveles, a saber: *nivel macroscópico de la praxis*, *nivel macroscópico semántico* y *nivel macroscópico epistémico* los cuales se describen en la tabla 5. Cabe señalar que el trabajo de Sánchez *et al.* (2021) fue desarrollado en el marco de la presente investigación doctoral.

Tabla 5. Subniveles del nivel submicroscópico propuestas por Quintero (2021) y Sánchez *et al.* (2021)

Subnivel del Nivel macroscópico	Descripción
Nivel macroscópico de la praxis (NMP)	Refiere a aspectos concretos de la realización del trabajo experimental, dando alguna recomendación concisa sobre la práctica.
Nivel macroscópico semántico (NMS)	Alude al significado que se otorga a una observación empírica, es decir que se establece un vínculo entre el fenómeno perceptible y la explicación que se le atribuye, siendo esa explicación también perteneciente al nivel macroscópico.
Nivel macroscópico epistémico (NME)	Son expresiones que, tomando evidencias empíricas observables de la práctica experimental, validan el procedimiento a partir del cual se construyeron los modelos teóricos; por ejemplo al relacionar una medida empírica como la temperatura con la forma de elaborar un modelo explicativo.

- *Nivel Submicroscópico*: constituido por un mundo invisible de partículas y modelos analógicos que subyacen a los fenómenos observables.
- *Nivel Simbólico*: conformado por el conjunto de representaciones (Evagorou *et al.*, 2015) que permite hablar sobre el mundo material visible o invisible, empleando el lenguaje químico. Las personas que hacen química, utilizan el nivel simbólico para comunicarse entre sí, tal como se desarrolla en el siguiente apartado, junto con el lenguaje químico.

Este modelo del triplete representacional de Johnstone ha permeado a la educación en la Química en todos los niveles. A modo ilustrativo de su utilización en la enseñanza, en la figura 7 se reproduce una imagen utilizada en el libro del curso de articulación UNL-FBCB para el ciclo lectivo 2024, en la cual se pueden observar los tres niveles de representación para una sustancia simple (azufre): una fotografía de un cristal de azufre (nivel macroscópico); un esquema de la molécula de tipo bolas y palos, donde las bolas amarillas representan átomos de azufre y los palos uniéndolos a cada átomo representan los enlaces y la forma de la molécula (nivel submicroscópico); la fórmula del octaazufre (S_8 , correspondiente al nivel simbólico).



Figura 7. Reproducción de imagen del libro utilizado para el curso de articulación entre escuela secundaria y universidad en 2024 donde se representan los niveles de representación de Johnstone para una sustancia simple. Fuente: Güemes y Odetti (2024).

Este modelo ha sido revisado por diferentes autores (Gilbert y Treagust, 2009, Taber, 2013, Talanquer, 2011) y ha trascendido las fronteras de la disciplina llegando a otras ciencias naturales y experimentales como la Biología (Álvarez *et al.*, 2022; Treagust y Tsui, 2013). A lo largo de los años, ha demostrado ser una herramienta muy interesante tanto para la enseñanza como para la investigación en didáctica de la química (Talanquer, 2011).

Según Lorenzo (2008), los niveles macroscópico y submicroscópico tienen su correlación a las dimensiones de los “objetos de la ciencia”, mientras que el simbólico utiliza una gran variedad de recursos para representarlos. Es decir, tanto los elementos pertenecientes al nivel macroscópico como al submicroscópico tienen su representación en el nivel simbólico.

Particularmente, el nivel simbólico de la química abarca una amplia variedad de representaciones que forman parte del lenguaje de la ciencia. Es a partir de éste último que los estudiantes pueden aprender y construir conocimiento. Para cada dominio del conocimiento, el lenguaje técnico posee sus propias reglas y sus términos específicos que además de su utilidad comunicativa, a su vez sirven como un complejo sistema de recursos para crear nuevos significados (Lorenzo, 2018).

El modelo de Johnstone se ha utilizado principalmente para caracterizar los tipos de conocimiento químico (preguntas del tipo “qué” es lo que se está estudiando) que los estudiantes deben desarrollar para comprender significativamente la química. Es entonces que, el “tripleto de la química” del modelo de Johnstone puede influir en las decisiones curriculares sobre qué enseñar y sobre cuáles aspectos enfatizar en los cursos de química, así como en la manera en que pueden establecerse conexiones entre representaciones simbólicas y diferentes modelos de partículas de la materia (Sjöström *et al.*, 2020).

Por otra parte, los discursos en una clase de química están atravesados por los diferentes niveles de representación de Johnstone, éstos son utilizados de manera explícita o implícita por los docentes para construir el conocimiento químico y referirse a aquello que es perceptible, los procedimientos de la ciencia, los pensamientos y las teorías, resultando en textos cargados de información altamente específica y contextualizada, y es entonces donde se establecen las bases para la enseñanza y el aprendizaje de la Química (Quílez Pardo, 2019). Por su parte, van den Berg (2009) indica que las y los científicos se mueven entre los mundos teóricos (conceptos, ideas, teorías), los naturales (fenómenos espontáneos) y los experimentos de laboratorio (fenómenos inventados) mientras que muchas veces los estudiantes en el laboratorio se limitan a la manipulación de instrumental del laboratorio y no profundizan en los aspectos conceptuales, ni tampoco en el desarrollo de las habilidades propias de la investigación científica.

Durante los TPL de Química se ponen en juego la interrelación entre los tres niveles representacionales propuestos por Johnstone. Los cambios macroscópicos pueden

observarse en las actividades experimentales (como la aparición de turbidez en un tubo), pueden ser esquematizados a través de la modelización de lo que allí está ocurriendo (en el orden de los átomos y moléculas y cómo interaccionan entre sí) y la representación simbólica del fenómeno (como la escritura de la ecuación química que representa ese cambio, el cálculo o el diagrama de energías puesta en juego en la transformación).

En el siguiente apartado, se presenta un análisis más en detalle acerca del nivel simbólico, que incluye la manera en que las y los químicos se comunican entre sí.

2.2.2 *Lenguaje químico*

El lenguaje químico, como todo lenguaje, es un sistema organizado constituido de diversas normas y reglas que son específicas para la comunidad que las utiliza. Éste forma parte de los lenguajes científicos y presenta diferencias con el lenguaje cotidiano, en cuanto a su rigurosidad, en la disposición de términos científicos y la manera en que se reflejan los conceptos alcanzados por una comunidad científica que lo comparte (Weininger, 1998).

El lenguaje químico ha sido centro de debate y reflexión debido a su incidencia en las investigaciones químicas (Jacob, 2001). En este sentido, se puede mencionar la categorización propuesta por Quílez Pardo (2019) sobre los orígenes de las dificultades que presentan las y los estudiantes cuando aprenden química, ponderando aspectos del lenguaje químico como una de las principales dificultades.

Según Jacob (2001), el lenguaje químico cobra relevancia debido a las múltiples relaciones que existen entre las sustancias y la manera en éstas pueden ser representadas a través de los símbolos químicos. Este autor propone una división del lenguaje químico en cuatro niveles, en donde cada uno de ellos hace referencia a un mayor grado de abstracción, tanto así que cada subnivel podría ser considerado un lenguaje con características lingüísticas y epistemológicas propias. En la tabla 6, se presentan las características generales de los cuatro niveles propuestos por Jacob para el lenguaje químico.

Tabla 6. Niveles del lenguaje propuestos por Jacob (2001)

Nombre del Nivel		Características
N1	Simbólico	Símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas. Reglas sintácticas y semánticas que regulan su aplicación.
N2	Relacional	Vocabulario apropiado para hablar sobre las sustancias. Incluye abstractores (generalizaciones de mayor nivel de abstracción).
N3	Modélico	Términos para usar y discutir sobre los abstractores como parte de las leyes, modelos y teorías en un contexto general.
N4	Epistémico	Representa el lenguaje para la discusión epistemológica de la química como un todo.

A modo de ejemplo de cómo pueden utilizarse estos niveles o sublenguajes propuestos por Jacob (2001), se ofrece el siguiente caso: partiendo del primer nivel, si se considera un símbolo químico de un elemento cualquiera como “Na” (N1), éste está representando al “elemento” sodio (N2), que puede participar de una reacción sobre la que se plantea una “hipótesis” (N3), la cual puede ser o no “falsada” (N4) en un sentido popperiano.

Cada nivel del lenguaje propuesto por Jacob, está regulado por una serie de reglas sintácticas y semánticas que le son propias. En el nivel 1, los símbolos, tal como si fueran letras de un alfabeto particular, permiten escribir palabras (fórmulas) que pueden utilizarse para escribir oraciones cargadas de sentido (ecuaciones). En este nivel, los símbolos, las fórmulas y las ecuaciones poseen un significado particular y están regidos por reglas otorgadas a partir de la relación con la propia práctica de la química. Es decir que podría considerarse que estas reglas se encuentran formando una “ortografía química”, donde se incluirían las reglas de la química respecto a los estados de oxidación, la electronegatividad, entre otras. A su vez, en una ecuación química, la manera en que se combinan las sustancias con los coeficientes estequiométricos o la manera en que las condiciones de la reacción la afectan asemejan a la “gramática de la química”.

Debido a la importancia que presenta el uso del lenguaje químico para la enseñanza y el aprendizaje de la QI, esta tesis ha centrado la atención en su utilización por parte de las y los docentes particularmente en el contexto del laboratorio a la hora de desarrollar las clases prácticas experimentales, qué es lo que se dice, lo que se escribe y las distintas representaciones que circulan en este tipo de clases.

2.2.3 *Los niveles de comprensión de Perkins: una mirada sobre la apropiación del conocimiento*

Además de las características representacionales propias del conocimiento químico, es importante considerar cómo se produce la apropiación de ese saber por parte de los estudiantes. Desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, los aportes de Perkins (1995) permiten distinguir distintos niveles de comprensión, no en términos jerárquicos fijos, sino como formas diferenciadas de relacionarse con el conocimiento y con las prácticas de una disciplina.

Esta perspectiva ha resultado especialmente útil para analizar los distintos modos en que puede promoverse la comprensión en el aula, al permitir identificar qué tipo de conocimientos y prácticas cognitivas se favorecen desde la enseñanza de una asignatura. En la tabla 7 se sintetizan los niveles propuestos, en relación con las demandas epistémicas y formativas que cada uno conlleva.

Tabla 7. Niveles de comprensión y tipos de conocimiento promovidos desde la enseñanza propuestos por Perkins (1995)

Nivel	Descripción
De contenido	Hace referencia al conocimiento y práctica relativos a los datos y a los procedimientos de rutina, se manifiesta en actividades reproductivas como la repetición, la paráfrasis, y la ejecución de procedimientos habituales
De resolución de problemas	Alude al conocimiento y práctica referentes a la solución de los problemas típicos de la asignatura, basados principalmente en la aplicación de algoritmos.
Epistémico	Refiere al conocimiento y práctica vinculados a la justificación y a la explicación en la asignatura desde un punto de vista epistemológico.
De investigación	Apunta al conocimiento y práctica referentes al modo en cómo se proponen hipótesis, se discuten los resultados y en definitiva se construyen nuevos conocimientos en la materia.

Esta clasificación permite observar si la enseñanza favorece una apropiación del conocimiento como objeto cerrado, como problema a resolver, como construcción justificable o como espacio de generación de saber nuevo. Así, se convierte en una

herramienta clave para analizar qué tipo de comprensión se promueve en las clases de química y cómo se vincula esta comprensión con las finalidades formativas más amplias de la disciplina.

En síntesis, la Química como disciplina escolar presenta una serie de desafíos específicos para su enseñanza, derivados tanto de su complejidad epistemológica como de sus formas particulares de representación y lenguaje. Modelos como el de Johnstone permiten comprender las dificultades que enfrentan los estudiantes al transitar entre distintos niveles representacionales, mientras que el enfoque de Perkins contribuye a analizar la profundidad de la comprensión que se promueve desde las prácticas docentes. A su vez, los aportes de Jacob sobre los niveles del lenguaje químico destacan la necesidad de considerar las reglas y significados propios de la comunicación científica en esta disciplina. Las propuestas de corte más humanista y contextual (como las de Sjöström y Talanquer, 2014), invitan a repensar qué se enseña, por qué se enseña y cómo se vincula el conocimiento químico con los desafíos sociales contemporáneos. El panorama de investigaciones recientes en didáctica de la química, tanto en Europa como en América Latina, muestra una creciente preocupación por acercar la enseñanza a las prácticas auténticas de producción de conocimiento, incorporando propuestas basadas en la indagación, el modelado, la argumentación y la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia. En este marco, la presente tesis se sitúa en un punto de intersección entre estos enfoques, con el propósito de analizar las prácticas de enseñanza de la química en el contexto universitario y en particular un espacio privilegiado para su enseñanza, el laboratorio.

2.3 Los laboratorios como escenario para la enseñanza y el aprendizaje de la química. Trabajos prácticos experimentales

En esta sección se hace hincapié en la naturaleza experimental de las ciencias en general, como de la química en particular, y cómo los laboratorios han jugado un rol fundamental en su enseñanza.

Las clases prácticas y las experimentales son un escenario importante para la enseñanza de la química. En el nivel universitario este tipo de clases han estado presentes en carreras científicas desde el siglo XIX (Blosser, 1990) y son habitualmente denominadas como trabajos prácticos (TP) o trabajos prácticos de laboratorio (TPL).

Éstos han sido reconocidos como una parte crucial y distintiva de la educación científica, tanto por su contenido como su pedagogía (Wei *et al.*, 2019).

En las carreras universitarias donde la química forma parte de las disciplinas estructurantes de sus planes de estudio, su enseñanza suele estar organizada por una combinación de aspectos teóricos y prácticos. Ambos pueden formar parte del mismo o de distintos tipos de clases y a su vez, pueden estar a cargo de un único o de varios docentes. En este último caso, a las y los profesores con mayor experiencia se les suele otorgar las clases de tipo teórico, mientras que, a aquellas/aquellos docentes que recién se inician en el dictado de la asignatura, se los asigna a las clases de laboratorio. Así, las clases de laboratorio de Química han tenido como fin principal, replicar lo establecido y estudiado previamente en las clases teóricas. En contraposición a los modelos tradicionales, las propuestas basadas en modelos de tipo constructivista consideran que las clases de laboratorio también tendrían como fin construir significados complementando a los contenidos teóricos y retroalimentándose mutuamente (Reid y Shah, 2007).

Dado que en las instituciones universitarias en donde se desarrollan estas disciplinas suele también desarrollarse investigación científica, pareciera existir el supuesto de que la o el investigador, ya sea becario, becario o investigadora /investigador formado quien desarrolla su actividad en un laboratorio de investigación, podría de manera natural y espontánea transferir sus conocimientos de un contexto a otro sin mediar dificultad. Tal vez por eso, hasta ahora no se han identificado estudios que indaguen si las y los docentes emplean o poseen algún tipo de conocimiento particular para enseñar actividades prácticas de laboratorio y, de ser así, en qué se diferencia del que se requiere para enseñar otro tipo de clases.

Se puede afirmar que las clases experimentales han tenido un rol preponderante en la enseñanza de la química y otras ciencias naturales (Hofstein y Mamlok-Naaman, 2007) desde sus orígenes alquímicos hasta nuestros días.

Las y los profesores de las asignaturas científicas han expresado que el laboratorio constituye el escenario más apropiado para la implementación de TP y lograr así una enseñanza de calidad (Hernández Millán, 2012). En este sentido, existe un importante consenso sobre la relevancia que tienen las actividades experimentales para el aprendizaje de la química (Nakhleh *et al.*, 2002). Sin embargo, existen voces disonantes al respecto. Por un lado, los costos de manutención de los laboratorios serían

extremadamente altos respecto a la incidencia en el aprendizaje; y por otro, la enseñanza suele estar centrada en la manipulación y experimentación para el entretenimiento y diversión en lugar de la construcción de saberes significativos (Abrahams, 2007, Kirschner y Meester, 1988). Otros indican que es necesario un mayor número de investigaciones que aborden las distintas problemáticas sobre la enseñanza del laboratorio para aportar evidencias que fundamenten su utilización en la enseñanza (Bretz, 2019).

En líneas generales, parece haber acuerdo con el listado de objetivos propuestos por Shulman y Tamir en el *Second Handboook of Research on Teaching* (1973, p. 1119) para el desarrollo de las actividades de laboratorio, a saber:

- 1) Desarrollar habilidades manuales, inquisitivas, de investigación, organizativas y comunicativas.
- 2) Favorecer el aprendizaje de conceptos (por ejemplo: hipótesis, modelos teóricos, categorías taxonómicas).
- 3) Promover actividades cognitivas (pensamiento crítico, resolución de problemas, aplicación, análisis, síntesis, entre otras).
- 4) Facilitar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la empresa científica, el trabajo de las y los científicos, la existencia de múltiples métodos científicos, las interrelaciones entre la ciencia y la tecnología y entre diversas ciencias entre sí.
- 5) Estimular actitudes como curiosidad, interés, objetividad, confianza, perseverancia, toma de riesgos, satisfacción, responsabilidad, consenso y colaboración.

Sin embargo, este conjunto de metas no sería exclusivo del laboratorio, sino que podría aplicarse convenientemente a las clases de ciencias en general.

Por otro lado, pueden encontrarse en el laboratorio algunas metas particulares, que Johnstone y Al-Shuaili (2001) denominan “metas afectivas”. Estas incluyen, por un lado, las actitudes hacia la ciencia como el interés, la motivación y la satisfacción; y, por otro, las actitudes científicas como el pensamiento independiente y crítico, la objetividad, o mostrar el campo de los laboratorios de investigación.

Además, Gupta (2001) resalta la enseñanza del método experimental para la familiarización con el equipamiento del laboratorio y la toma de mediciones, el entrenamiento en la observación, la deducción a partir de la observación, y la redacción de informes. A su vez, les otorga a las clases prácticas un carácter complementario e ilustrativo de los contenidos desarrollados en las clases teóricas, es decir “la práctica al

servicio de la teoría” (Séré, 2002). No obstante, también señala que la principal causa de fracaso de las clases de laboratorio radica en que la práctica intenta reforzar las clases teóricas en lugar de enseñar el método experimental; y, también en que cuando se enseña el método experimental, se lo hace de tal modo que no representa un desafío para las y los estudiantes, ya que implica conocimientos de baja exigencia cognitiva. Esta “visión distorsionada” de trabajo científico es producto de la propia cultura escolar que ha enfatizado la importancia del aprendizaje de hechos y conceptos frente al desarrollo de destrezas y la justificación de las operaciones y las acciones realizadas (Reigosa Castro y Jiménez Aleixandre, 2000).

Las prácticas de laboratorio tradicionales fueron pensadas como una oportunidad de ofrecer a las y los estudiantes un “contacto directo” con los fenómenos naturales. En contraposición a esta postura, Nakhleh *et al.* (2002) cuestionan esta perspectiva y plantean que el aprendizaje en el laboratorio se fundamenta en las interacciones entre estudiantes y profesores con la complejidad del propio laboratorio y la cada vez más extendida utilización de instrumentos científicos.

En este tipo de clases, sería esperable un rol protagónico del estudiantado con explicaciones del profesor diferentes a las de otro tipo de clases (Domin, 1999, Hofstein y Mamlok-Naaman, 2007; Reid y Shah, 2007).

El trabajo en el laboratorio se desarrolla en un entorno rico en información (Nakhleh *et al.*, 2002), operativamente definido por Domin (1999) como las influencias externas que interactúan con el estudiante durante el proceso de aprendizaje. Este entorno, por tanto, condiciona no sólo lo que se aprende o debe aprenderse, sino también, el modo en cómo se aprende. En teoría entonces, el trabajo en el laboratorio debería poder ayudar a las y los estudiantes a desarrollar habilidades prácticas y también a construir conocimientos, así como favorecer la comprensión de conceptos, principios, modelos y teorías. No obstante, el pensamiento efectivo en el laboratorio suele ser a menudo inhibido precisamente por el exceso de información del entorno que sobrepasa la limitada memoria de trabajo de las y los seres humanos (Byers, 2002).

Según Domin (1999), las actividades de laboratorio podrían clasificarse según el rol otorgado a las y los estudiantes y docentes en a) expositivas, b) de indagación, c) por descubrimiento y d) basadas en problemas. Cada una de ellas puede diferenciarse teniendo en cuenta indicadores que consideran el resultado de la práctica experimental, su enfoque y el procedimiento (tabla 8).

Tabla 8. Clasificación de las actividades prácticas y sus indicadores propuesta por Domin (1999)

Tipo de clase	Indicadores de la práctica		
	Resultados	Enfoque	Procedimiento
Expositivas	Predeterminado	Deductivo	Dado por la o el profesor
Indagación	Indeterminado	Inductivo	Generado por la o el estudiante
Descubrimiento	Predeterminado	Inductivo	Dado por la o el profesor
Basadas en problemas	Predeterminado	Deductivo	Generado por la o el estudiante

Aquellas actividades de tipo investigación abierta en el laboratorio son las que promueven la adquisición de competencias científicas (Hofstein y Mamlok-Naaman, 2007).

Por su parte, Caamaño (2004) propone una clasificación de los TP utilizados en clases de ciencias y los divide en: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones (tabla 9).

Tabla 9. Clasificación de los trabajos prácticos por Caamaño (2004)

Trabajo práctico	Objetivos
Experiencias	Familiarización perceptiva con los fenómenos estudiados
Experimentos ilustrativos	Interpretación de un fenómeno, ilustración de un principio o muestra de una relación entre variables
Ejercicios prácticos	Aprendizaje de procedimientos o destrezas que ilustren o corroboren la teoría
Investigaciones	Resolución de un problema teórico o práctico mediante el diseño, realización de un experimento y la evaluación de su resultado.

2.3.1 La enseñanza en el laboratorio químico

La química es una ciencia con una naturaleza predominantemente práctica. Si bien es cierto que existen algunas ramas de la química con bajo nivel de manipulación de objetos, no puede pensarse la mayoría de las actividades vinculada con ella, alejada del laboratorio químico o de datos producidos en éste. Esto es válido tanto para la investigación química, el desempeño profesional y laboral de las y los químicos, bioquímicos, biotecnólogos, como también, para las y los profesores de Química. Sin embargo, no todas las clases para la enseñanza de la química recurren a los espacios de

laboratorio. Por diversas razones, esto suele ser más frecuente en la enseñanza media, mientras que para las carreras universitarias que incluyen química en sus planes de estudio, los laboratorios forman una parte central tanto de las propuestas de enseñanza como en el edificio que las contiene.

La enseñanza de la química en la universidad suele estar organizada en diferentes tipos de clases. Por un lado, las denominadas *clases teóricas* que suelen organizarse de un modo magistral, orientadas principalmente al desarrollo en profundidad los conceptos, modelos y teorías de la disciplina. Por otro, las llamadas *clases prácticas* se desarrollan en el laboratorio y suelen ser llamadas también *clases de trabajos prácticos*, son de carácter obligatorio para el estudiantado y están a cargo de un equipo de profesoras y profesores en el que participan tanto docentes experimentados como aquellos que recién se inician en la docencia. Estas clases, además del trabajo de manipulación de instrumental químico y de observación y registro de diversos fenómenos, pueden estar combinadas o no, con algunas otras actividades, como coloquios o resolución de problemas.

Desde la incorporación de las clases prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química, ha predominado una visión corroboracionista subsidiaria de las clases teóricas, poniendo la práctica al servicio de la teoría, es decir, servir como ejemplo y/o demostración de algunos de los fundamentos conceptuales expuestos en las clases teóricas (Séré, 2002), esquema que aún persiste en la actualidad. Este tipo de prácticas deja consecuentemente, poco espacio para el trabajo creativo y de resolución de problemas reales que sería esperable en un laboratorio experimental. En contraposición a estas posturas tradicionales, desde los modelos constructivistas se propone un cambio en el tipo de actividades que se desarrollan en el laboratorio con el fin de promover la construcción de conocimiento a partir de la interacción entre los contenidos trabajados en la práctica y los de las clases teóricas (Reid y Shah, 2007).

En la enseñanza universitaria, esta interacción puede entenderse como parte de una *coreografía didáctica*, metáfora tomada del mundo de la danza que enfatiza el papel del ambiente de aprendizaje en lo que los estudiantes pueden hacer y aprender. Esta coreografía combina elementos visibles (espacios, materiales, consignas, tiempos, modalidades de trabajo) con procesos internos de orden cognitivo y afectivo en las y los estudiantes, y puede diseñarse tanto a nivel individual por cada docente como a nivel institucional (Zabalza Beraza & Zabalza Cerdeirina, 2019).

Otro aspecto inherente a la enseñanza universitaria es que quienes se desempeñan como docentes tienen una fuerte formación disciplinar específica en la asignatura que imparten y en una amplia proporción, son además investigadoras o investigadores científicos y desarrollan la actividad científica en los departamentos universitarios, aunque suelen carecer formación docente (Jackson, 2002). En este sentido, el hecho de desarrollar actividades de investigación contribuye a una sólida formación disciplinar, se relacione o no con la asignatura que imparten. Durante mucho tiempo, parece haber primado la creencia de que un buen dominio del campo disciplinar era condición necesaria y suficiente para enseñar esa disciplina en la universidad, aunque ya ha quedado claro desde hace tiempo que, parafraseando a Hernández y Sancho (1993) para enseñar química, no basta con saber química.

No obstante, hoy no quedan dudas acerca de la necesidad de formación pedagógico-didáctica de las y los docentes universitarios. Aunque hasta ahora, hayan sido escasas las facultades que ofrecen a sus docentes programas formativos sistemáticos en el campo de la docencia universitaria, se ha comenzado a detectar un esfuerzo en algunas instituciones con el objetivo de brindar espacios formativos para su personal docente en cuanto a los contenidos pedagógicos y didácticos específicos para la enseñanza de las disciplinas de ciencias naturales en el nivel superior.

Esto ha mostrado que, aunque existen menos investigaciones sobre temas inherentes a la didáctica de las ciencias en el nivel superior han comenzado a estar presentes en las agendas de investigación trabajando temas disciplinares específicos acordes con este nivel (por ejemplo, pueden verse los siguientes: Farré y Lorenzo, 2009a, Idoyaga *et al.*, 2020, Margheritis *et al.*, 2019, Quintero y Lorenzo, 2021).

Por otra parte, como ya se ha mencionado, a pesar de su proclamada relevancia no ha habido una preocupación importante por parte de la didáctica de las ciencias por investigar la enseñanza en el contexto del laboratorio experimental (van den Berg, 2009). Muchas de las publicaciones se refieren a nuevas técnicas o propuestas metodológicas para ser desarrolladas en los laboratorios de enseñanza de la química, aunque no se profundiza en consideraciones didácticas. Tal es el caso de Abu-Much (2021) que presenta una actividad de laboratorio para el estudio de soluciones coloidales mediante la producción de nanopartículas de plata, o el de Contarini *et al.*, (2023) que reproducen una técnica para la producción de sales de potasio a partir de la recuperación de técnicas introducidas en Brasil en el Siglo XIX. Ambos artículos son muy

interesantes y presentan un abordaje novedoso para el laboratorio de Química, pero, como suele ser la norma, no se profundiza en las consideraciones didácticas desde una perspectiva teórica centrada en las investigaciones en didáctica de las ciencias.

Otras se han preocupado por la manera en que se evalúa a las y los estudiantes cuando se considera a los saberes prácticos, tal es el caso del estudio realizado por Erduran *et al.* (2019) sobre los distintos métodos científicos vinculados a la instrucción de prácticas experimentales cuando son incluidos en los exámenes de Reino Unido. En particular, indican que la evaluación estandarizada ha permeado en la práctica docente, aunque en sus resultados, encontraron que las preguntas de examen donde evocan a prácticas no manipulativas (donde se extraen datos sin realizar manipulación) son mayores a las prácticas manipulativas. Con respecto a las interacciones docente-estudiante y estudiante-estudiante, Höglström *et al.* (2010) han descripto que pueden favorecer u obstaculizar los aprendizajes en el laboratorio de escuela secundaria.

Luego de revisar los objetivos de los diferentes tipos de laboratorio, van den Berg (2009) realiza una serie de sugerencias para su mejora: seleccionar un método de enseñanza acorde a los distintos objetivos (conceptual, de habilidades de investigación o instrumentales); identificar los conceptos y habilidades involucrados en las experiencias propuestas y limitar el número de nuevos conceptos y habilidades; incorporar ejercicios pre-laboratorio sobre las nuevas habilidades; en el caso de actividades más abiertas, incluir actividades pre y post laboratorio donde se identifique claramente aspectos conceptuales, metodológicos y de equipamiento. Por otra parte, algunas de las limitaciones detectadas en la enseñanza del laboratorio han sido la falta de distinción entre prioridades y objetivos; la selección de los experimentos más comúnmente utilizados; la inconsistencia entre los objetivos del laboratorio y las instrucciones escritas, las estrategias de enseñanza y las prácticas evaluativas (van den Berg, 2009).

Los trabajos existentes en la literatura se enfocan principalmente en el nivel secundario de la educación (Gericke *et al.*, 2023), y suelen limitar al análisis a la enunciación de objetivos prescriptos, o bien, a la presentación de algunas secuencias didácticas o propuestas de algún TP experimental (Franco Moreno *et al.*, 2017). Además, existen trabajos exploratorios que indagan sobre las prácticas experimentales realizadas en los contextos naturales o las concepciones que poseen las y los docentes a la hora de abordar las clases de laboratorio, principalmente en los niveles secundario y en

formación de profesores. A continuación, se describen algunos de ellos a modo de ejemplo.

Mordeglia y Mengascini (2014) presentaron los resultados de las respuestas a un cuestionario realizado a docentes de nivel primario y secundario en escuelas públicas de la provincia de Buenos Aires, donde encontraron que las actividades experimentales no se realizan o se hacen con poca frecuencia, indicando que las limitaciones son de tipo institucional, personal y curricular, respecto a las tareas que se llevan adelante son del tipo empirista con un marcado énfasis en la observación por sobre la manipulación.

Zorrilla *et al.* (2020) plantearon una investigación para reflexionar sobre los TPL a partir de cuestionarios realizados a docentes de diferentes ciencias naturales en la escuela secundaria de su región. Las autoras concluyen que es necesario modificar la manera en que se realizan actualmente los TPL (que suelen ser tradicionales y estereotipados) actualizando las propuestas con los resultados de investigación en didáctica de las ciencias.

Liu *et al.* (2024) utilizaron herramientas del análisis de contenido para investigar cómo se representaba la diversidad de métodos científicos en las clases de TP de Química en aulas de nivel secundario en China. Los autores indican que sus resultados revelaron una representación desequilibrada de los métodos científicos en los TP, llegando a la conclusión de que la enseñanza de Química en las clases de nivel secundario de China tiende a ser no experimental.

En el ámbito de la enseñanza experimental de la Química en el nivel universitario, es posible encontrar descripciones de experiencias particulares desarrolladas en escenarios naturales. A modo ilustrativo, se presentan a continuación dos propuestas reportadas en publicaciones académicas recientes.

Pérez y Fernández (2018) presentan un TP experimental diseñado como herramienta didáctica para la enseñanza de Química Farmacéutica I, en una carrera de Farmacia en Argentina. La propuesta utiliza como modelo experimental el preparado de magma de hidróxido de magnesio (leche de magnesia), con el objetivo de que las y los estudiantes desarrollen los conocimientos necesarios y las habilidades útiles para diseñar, desarrollar y caracterizar suspensiones de uso común en Farmacia, así como para estudiar variables relevantes en la estabilidad de sistemas dispersos groseros.

Por su parte, Ramos Mejía (2018) describió una serie de actividades implementadas en el curso experimental de Fisicoquímica para carreras de Ingeniería Química y Química en México. Su principal objetivo fue promover en las y los estudiantes el desarrollo del pensamiento fisicoquímico a partir de problemas reales, relevantes e interesantes, utilizando el modelo de aprendizaje basado en problemas.

En conjunto, ambos trabajos constituyen ejemplos de docentes comprometidos con su práctica, que, al reconocer aspectos susceptibles de mejora, proponen nuevas estrategias didácticas situadas en su propio contexto institucional.

Además de las experiencias puntuales de enseñanza experimental, también pueden encontrarse trabajos que relevan información sobre las prácticas desarrolladas a lo largo de toda una carrera universitaria. En esta línea, un grupo de profesores de la Universidad de La Rioja, España, diseñó e implementó una herramienta informática para la coordinación de prácticas de laboratorio en el grado de química (García *et al.*, 2018). La herramienta funciona como repositorio digital, ya que reúne información sobre cada práctica (título, resumen, normas de seguridad, etc.), y también como material de consulta para los docentes, promoviendo la coordinación horizontal y vertical de las actividades experimentales. Además, permite la modificación y actualización de las prácticas año a año, lo que da cuenta de su versatilidad y sostenibilidad en el tiempo.

En el caso argentino, Prat *et al.* (2018) presentan un diseño didáctico desarrollado en la asignatura “Prácticas de Química” de una carrera universitaria, surgido a partir de una reflexión crítica sobre su práctica docente. La propuesta buscó fomentar la participación activa del estudiantado mediante un enfoque más abierto, inspirado en las ideas de de Jong (2011). Incluyó una actividad previa al laboratorio donde las y los estudiantes debían abordar una situación problemática cotidiana para luego debatirla en clase, integrando saberes previos y recursos diversos de la asignatura (seminarios, apuntes, clases teóricas y de problemas). Lejos del modelo de “receta”, la clase de laboratorio se estructuró como una instancia de debate, diseño colaborativo de protocolos y ejecución grupal. Al finalizar, se analizaron colectivamente los resultados obtenidos y los errores cometidos. Las y los docentes señalaron que esta estrategia les permitió caracterizar a sus estudiantes en función de sus saberes previos, competencias, habilidades comunicativas y de abstracción, al tiempo que promovieron hábitos como la autonomía, la responsabilidad y el fortalecimiento del vínculo pedagógico.

Por su parte, Reyes Cárdenas *et al.* (2019) desarrollaron un instrumento de evaluación centrado en las habilidades de pensamiento para ser aplicado en un curso de Laboratorio de Química General en México. El *Inventario de Habilidades para el Trabajo* surgió en el marco de una investigación didáctica y se propuso articular la guía del estudiante, la estrategia didáctica y el diseño de las actividades de evaluación. El instrumento permite identificar tres niveles de pensamiento: pensamiento de orden inferior, pensamiento de orden superior y pensamiento químico, siendo este último considerado el más complejo de alcanzar. Las características específicas de cada uno de estos niveles se presentan de manera resumida en la tabla 10. Además, las autoras destacan que las actividades experimentales pueden promover competencias comunicativas clave para el desempeño estudiantil. El instrumento también fue concebido como una herramienta para evaluar los documentos elaborados por los estudiantes, su trabajo individual y los protocolos experimentales de laboratorio.

Tabla 10. Tipos de pensamiento, características y ejemplos propuestos por Reyes Cárdenas *et al.* (2019)

Tipo de pensamiento	Características del pensamiento	Ejemplo de los conocimientos que debe tener un estudiante para resolver un problema estequiométrico
de orden inferior	Relacionado con la memorización o el uso de datos directos, operaciones algorítmicas de un paso. Pensamiento muy relevante y no necesariamente simple que permitirá el desarrollo de otros tipos de pensamiento.	. Las sustancias y la forma de escribirlas, asociada a su masa molar . La estequiometría de una reacción, identificación de su balance, si se cumple con la ley de la conservación de la masa.
de orden superior	Se refiere a tomar nueva información y combinarla con la que ya se tenía o visualizar de manera diferente la misma información para encontrar respuestas a preguntas difíciles.	. La relación estequiométrica entre reactivos y productos para calcular una cantidad determinada de sustancia. . La relación que guarda una disolución entre la cantidad de sustancia, el volumen y la concentración.
químico	puede referirse a problemas teóricos o prácticos y requiere que los alumnos entiendan en un término más amplio los ejercicios a resolver.	. Mecanismos indirectos para medir las masas de los compuestos formados. . La naturaleza de las sustancias utilizadas, tales como la pureza, la estabilidad, la reacción con otras sustancias.

Sin embargo, a pesar de la diversidad de temas relevados, ninguno de los trabajos descriptos se preocupa por lo que necesita conocer el profesor al momento de abordar la enseñanza en una clase tan particular como la de los TPL. Debemos tener en cuenta que en las carreras universitarias donde la química es troncal, la enseñanza en el laboratorio suele estar organizada como una combinación de aspectos teóricos y prácticos y estas prácticas educativas suelen ser ponderadas positivamente por los educadores de ciencias. No obstante, los conocimientos necesarios para desempeñarse como docente en ese contexto no han sido del todo descriptos.

Al hablar de contenido, no solamente nos referimos a los conceptos y teorías de una determinada disciplina, sino también a los modos de construcción de conocimiento y al saber hacer de una determinada ciencia. Es por eso que los TP constituyen un contenido fundamental y particular para los profesores de Química, donde el conocimiento que las y los docentes posean condicionará sus estrategias y formas de enseñarlos (Sánchez *et al.*, 2017).

Es importante destacar que existen pocos estudios que indaguen acerca de las estrategias que emplean las y los docentes para la enseñanza en el laboratorio, sus ideas y concepciones sobre este tipo de clases, las dificultades que deben superar durante sus prácticas en el contexto de laboratorio, la relación que guarda la versión universitaria del laboratorio escolar con las prácticas de la investigación científica. Por lo antes expuesto, se hizo evidente la necesidad de una formación docente para el profesorado universitario (Briceño Martínez & Benarroch Benarroch, 2013; Caballero & Bolívar, 2015; Vázquez *et al.*, 2007). Otro aspecto por señalar es que, aún hoy, no queda del todo claro la forma en que entran en juego las distintas jerarquías del sistema docente universitario ni las interrelaciones que se establecen entre las y los docentes durante los diferentes momentos de la enseñanza en el laboratorio de Química y las repercusiones en el aprendizaje de los estudiantes.

2.4 El Conocimiento Didáctico del Contenido sobre la práctica experimental para la enseñanza universitaria de química

En este apartado se presenta un programa de investigación que permite el estudio de las prácticas educativas en escenarios reales, el denominado conocimiento didáctico del contenido (CDC). Posteriormente, se da cuenta de cómo se han ido desarrollando los modelos teóricos a lo largo de los últimos treinta y cinco años que describen los

distintos componentes del CDC, indicando su flexibilidad y adaptabilidad a los cambios. Se exponen, además, los aspectos más relevantes de los modelos más recientes.

2.4.1 El Conocimiento Didáctico del Contenido

El CDC (*Pedagogical Content Knowlegde, PCK*) concepto inicialmente introducido por Lee Shulman (1986) relaciona el contenido disciplinar con la pedagogía. El mismo fue postulado por el autor como:

“esa especial amalgama entre materia y pedagogía que constituye una esfera exclusiva de los maestros, su propia forma especial de comprensión profesional.” (Shulman, 1987, p. 11 de la traducción)

Este conocimiento, propio de la profesión, permite a las y los profesores elegir aquellas analogías, metáforas y ejemplos que resulten mejores y más efectivos para enseñar un tema particular a un grupo de estudiantes específico (Farré y Lorenzo, 2014b, Garritz *et al.*, 2014). El CDC es un conocimiento tácito, una construcción interna del docente (Shulman, 1986) y, por lo tanto, es muy difícil de documentar, reconocer y reconstruir.

“Como hemos visto, la clara distinción entre conocimiento y enseñanza no representa una tradición centenaria, es un desarrollo más reciente. Además, la identificación de la competencia docente con la enseñanza por sí sola ni siquiera era un lugar común en el tiempo de Shaw. Hace un siglo, la característica que definía la idoneidad didáctica era el conocimiento del contenido.

Ahora el péndulo ha oscilado, tanto en el ámbito de la investigación como en la formulación de políticas, al extremo opuesto. El paradigma olvidado se refiere a un punto ciego con respecto al contenido, que ahora caracteriza la mayoría de las investigaciones sobre la enseñanza y, como consecuencia, la mayoría de nuestros programas de evaluación y certificación docentes.”
(Shulman, 1986, p. 280 de la traducción)

Desde el modelo teórico del CDC pueden indagarse diferentes dimensiones del conocimiento de los profesores para la enseñanza de determinados contenidos. Desde la perspectiva de Garritz (2014),

“El CDC es el concepto que representa el conocimiento y las creencias que los profesores emplean en el proceso de la enseñanza. Si podemos identificarlo y documentarlo podremos llegar a conclusiones sobre lo que significa “buena enseñanza de la ciencia” y cómo desarrollarla consistentemente” (Garritz, 2014, p. 34).

Es entonces que el CDC resulta conveniente para poder identificar los saberes que las y los docentes poseen a la hora de dar sus clases y poder así reflexionar sobre las prácticas educativas, constituyendo una herramienta valiosa tanto como marco teórico para las investigaciones educativas, así como para la formación docente.

El CDC es un conocimiento complejo, con múltiples características, sistémico y dinámico, con una alta dependencia del conocimiento disciplinar y aquel propio del contexto en donde se desarrolla. Incluso aquellos docentes con muchos años de experiencia en el aula en ocasiones tienen grandes dificultades para reconocer qué es el tipo de conocimiento y habilidades que los hacen únicos y los distinguen de otros profesionales en su área (Talanquer, 2004).

A su vez, el CDC, junto a sus representaciones internas, se encuentran en continua redesccripción y en estrecha relación con la transformación de otros tipos de conocimiento (Abell, 2008). Luego de la propuesta de Shulman (1986, 1987) y de un importante desarrollo en el mundo angloparlante (Alka *et al.*, 2023, Berry *et al.*, 2008, Berry *et al.*, 2015, Bertram & Loughran, 2012, Gess-Newsome & Lederman, 1999, Hume *et al.*, 2019, Nilsson & Karlsson, 2019, Park y Oliver, 2008), la documentación del CDC se ha convertido en un importante recurso en el contexto iberoamericano (Bolívar, 2005, Garritz *et al.*, 2014, Mellado *et al.*, 2013, Montoya Grisales & Arroyave Giraldo, 2021) tanto para el estudio como para la comprensión de las prácticas educativas, así como para el desarrollo de la educación de las y los docentes (Kind, 2009). A continuación, se describen las características generales de este fructífero modelo mientras las cuestiones metodológicas para su documentación serán discutidas en detalle en el apartado 3.2.4 correspondiente al capítulo 3 (Marco metodológico y metodología).

Dada las dificultades asociadas a la conceptualización del CDC, Farré y Lorenzo (2009b) propusieron una analogía química que invita a la reflexión y el debate. Desde esa perspectiva, la construcción del CDC (figura 8) podría enunciarse como una reacción química en equilibrio (siendo los componentes del CDC los reactivos y el CDC

una nueva sustancia que se genera cuando los primeros se combinan). A diferencia de lo que ocurriría con la formación de una disolución, donde solo habría una dispersión de los conocimientos en lugar de una construcción de nuevo conocimiento).

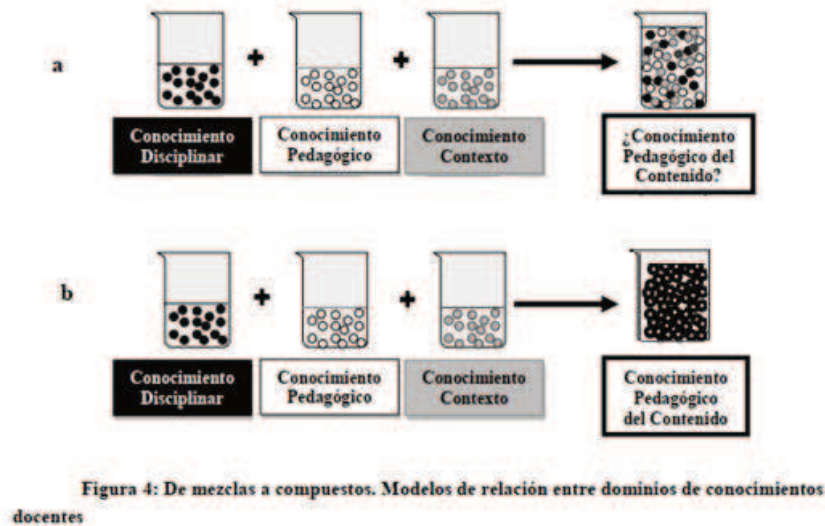


Figura 8. Analogía química sobre la interacción entre los componentes del CDC, adaptada de: Farré y Lorenzo (2009b)

El CDC se compone de diferentes conocimientos en articulación. Su caracterización y enunciación dio lugar a diferentes modelos que intentan explicarlo. Esto se relevará a continuación, en la siguiente subsección.

2.4.2 Componentes y modelos del CDC

A lo largo de la historia del CDC han surgido diferentes propuestas para conceptualizarlo y distinguir entre los diferentes conocimientos que lo componen. Siendo entonces el CDC correspondiente a un complejo conocimiento que implica una interacción entre sus posibles componentes. Inicialmente, Shulman (1986) declaró tres componentes: el *conocimiento del contenido*, que incluye no solo los conceptos o hechos en un determinado campo, sino también las estructuras de la materia a ser enseñada; el *conocimiento didáctico*, que incluye los aspectos del contenido más relacionados con sus posibilidades de ser enseñados; y el *conocimiento del currículum*, que incluye los programas de enseñanza para un nivel determinado, los materiales didácticos y las indicaciones o contraindicaciones para el uso del currículum.

A su vez, a lo largo de las últimas cuatro décadas, diferentes investigadores y teóricos han intentado caracterizar al CDC como un conjunto de algunos de los siguientes componentes (Verdugo-Perona *et al.*, 2017), donde el CDC estaría constituido por el conocimiento sobre: el propósito de enseñar un determinado tema o cuestión, dificultades que tendrán los estudiantes, currículum, estrategias instruccionales y representaciones de los contenidos, recursos instruccionales, evaluación, la materia a enseñar (contenidos), el contexto de enseñanza, la didáctica de la disciplina.

Dependiendo de cuántos componentes se consideren y cómo estén interactuando con los otros es que pueden reconocerse diferentes modelos que intentan caracterizar y describir el CDC. A continuación, se describen los modelos más difundidos y algunas representaciones que permiten dar cuenta de cada uno de ellos. Estas son las propuestas de: Grossman (1990), Magnusson *et al.*, (1999), Park y Oliver (2008), Park y Chen (2012), Gess-Newsome (2015), Carlson y Daehler (2019) y Rodríguez y Towns (2019).

Modelo de Grossman (1990):

Pamela Grossman, quien fuera alumna de Shulman, propuso el modelo de relaciones entre distintos dominios del conocimiento docente y consideró cuatro componentes:

- Conocimientos y creencias sobre los contenidos
- Conocimientos y creencias pedagógicos (sobre el estudiantado en general y su aprendizaje)
- Conocimientos y creencias pedagógicos (sobre la enseñanza y sus fines)
- Conocimientos y creencias sobre el contexto (sobre el grupo de estudiantes, en la escuela, el distrito y la comunidad en particular)

Estos conocimientos se encuentran influyendo mutuamente en los Conocimientos y creencias Didácticas del Contenido, por ello, en una representación realizada por Magnusson *et al.*, (1999) sobre la interpretación del modelo de Grossman (1990) incluyen una doble flecha indicando la interacción mutua entre cada uno de estos dominios y el CDC del docente, que se configura y reconfigura a cada uno de ellos. En su representación, los dos dominios sobre los conocimientos y creencias pedagógicos quedaron circunscriptos a una caja (ver figura 9).

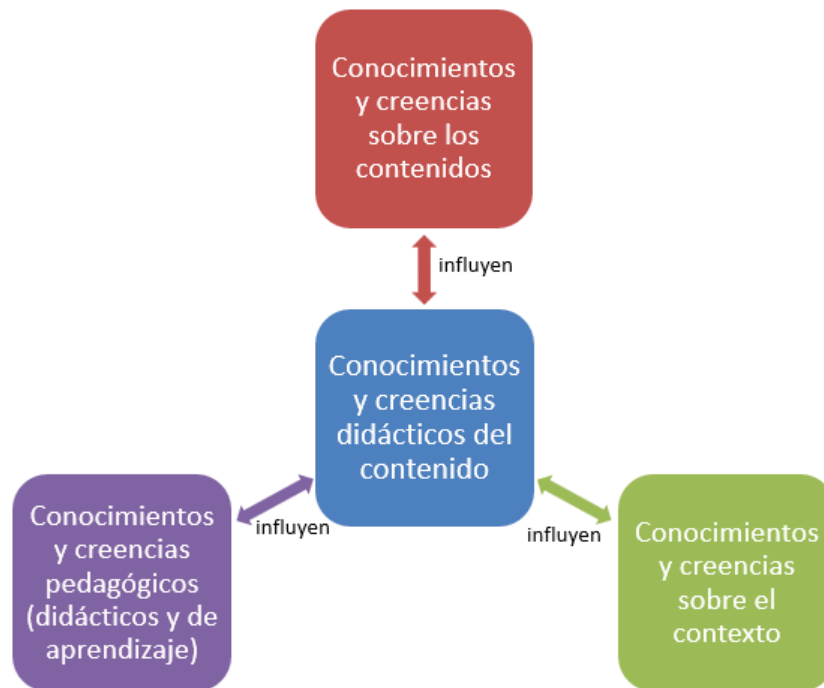


Figura 9. Representación del modelo de Grossman (1990) del CDC según la interpretación de Magnusson *et al.* (1999)

Modelo de Magnusson et al. (1999)

Uno de los modelos de CDC más difundidos (Garritz, 2014) es el de Shirley Magnusson, Joseph Krajcik e Hilda Borko quienes indican que el CDC es un conocimiento integrado por cinco dominios de conocimientos y creencias, estableciendo una jerarquización, ya que el CDC incluye los modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia, que, a su vez, modelan o dan forma a los otros cuatro conocimientos (ver figura 10):

1. Modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia (según traducción de Farré, 2020b, también traducido como: visión y propósito de la enseñanza de las ciencias, Garritz, 2014): Incluye los objetivos y metas para enseñar ciencia a un determinado conjunto de estudiantes. De este conocimiento, se desprenden los otros dominios (ver figura 10).
2. Conocimiento y creencias sobre el currículo de ciencia: Abarca los conocimientos sobre los temas de la asignatura a enseñar, sus formas de validación, y los conocimientos que posee la o el profesor sobre las razones por las cuales las y los estudiantes deben aprender un determinado contenido, así

como los programas específicos de la asignatura y sus interrelaciones con otras asignaturas del plan de estudios de la carrera en cuestión.

3. Conocimiento y creencias sobre el aprendizaje y entendimiento de las y los estudiantes sobre tópicos específicos de ciencia: Aquí se considera lo que las o los profesores saben o creen sobre la influencia de los conocimientos previos en la enseñanza, los conocimientos que las y los alumnos deben conocer para comprender un tema, las dificultades de aprendizaje, las concepciones alternativas, entre otras.
4. Conocimiento sobre estrategias didácticas: incluye diferentes estrategias específicas para enseñar tanto la asignatura, como también para cada uno de los temas a ser desarrollados.
5. Conocimiento y las creencias sobre la evaluación de un determinado tema: se incluye los aspectos más importantes a evaluar y las diferentes estrategias para hacerlo.

Para Magnusson *et al.* (1999), un profesor exitoso en la enseñanza tendrá que integrar todos estos componentes. Si bien los autores indican que los distintos conocimientos interactúan entre sí, la interacción entre ellos no se ve reflejada en la esquematización del modelo, en donde solo pareciera haber una interacción entre los modelos didácticos para la enseñanza de la Química y los otros cuatro componentes y no presenta la interrelación entre estos últimos (Friedrichsen *et al.*, 2011).

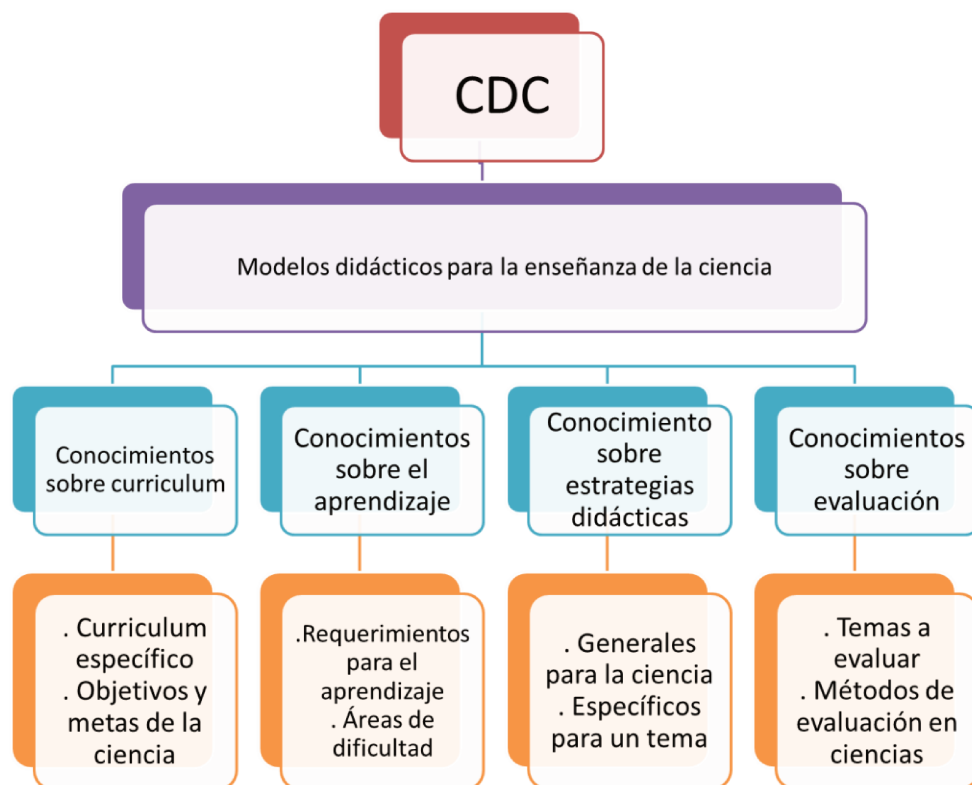


Figura 10. Representación del modelo de Magnusson *et al.*, (1999)

Modelos de Park y Oliver (2008) y Park y Chen (2012)

A través de una minuciosa revisión bibliográfica de las investigaciones llevadas adelante hasta ese momento, Soonhye Park y J. Steeve Oliver (2008) proponen un nuevo modelo que permita ahondar en este constructo teórico. Para ello, presentan las cinco componentes presentes en el modelo de Magnusson *et al.*, (1999), agregando una sexta: la percepción de autoeficacia del profesor, es decir la percepción que tiene sobre sí mismo.

En la figura 11, se presenta la representación del modelo hexagonal del CDC propuesto por Park y Oliver (2008). Como puede verse, los conocimientos que constituyen el CDC vuelven a estar unidos por una doble flecha, indicando la interacción entre ellos. Además, la autora y el autor incluyeron una flecha circular que intenta poner de manifiesto la idea de integración de todos los componentes mediante la reflexión en la acción y sobre la acción, es decir, la construcción del CDC y su crecimiento se realiza a través de procesos que requieren pensar y reflexionar sobre la práctica propia del docente y no solo con conocimiento construido por otros.

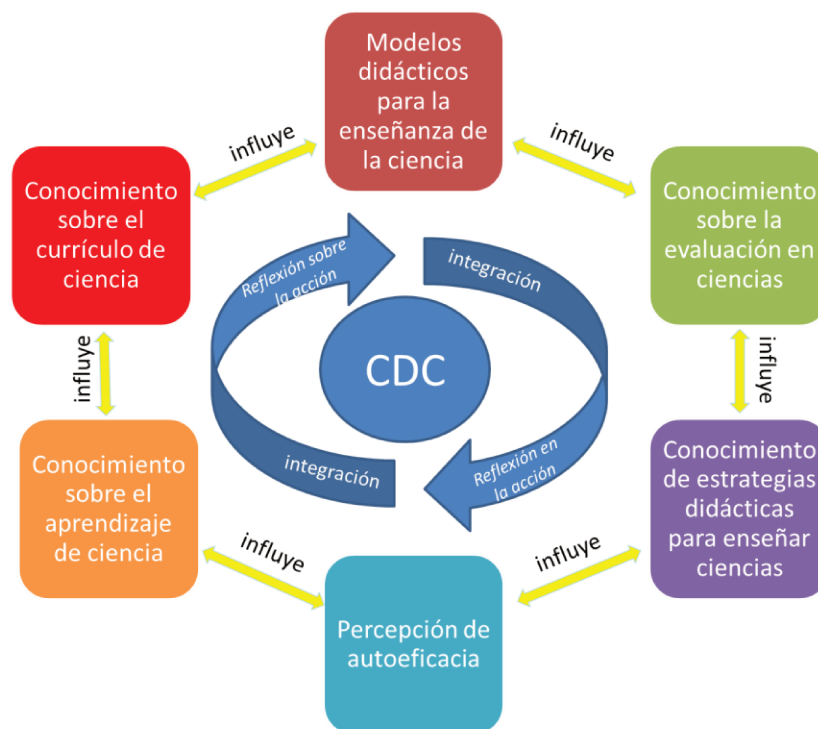


Figura 11. Representación del modelo de Park y Oliver (2008) del CDC

Unos años más tarde, en un trabajo de Soonhye Park y Ying-Chi Chen (2012), el modelo hexagonal es cambiado por uno pentagonal, reordenando los mismos componentes y quitando del hexágono central el componente percepción de autoeficacia.

Modelo de Gess-Newsome (2015)

En la última década, ha existido una revisión general de los conceptos centrales del CDC, a partir de un nuevo modelo que intentó unificar las distintas corrientes de investigación llevadas adelante bajo este marco teórico. El nuevo modelo, denominado Conocimientos y Habilidades Profesionales Docentes, TPK&S (siglas en inglés correspondientes a *teachers' professional knowledge and skills*) (Berry *et al.*, 2015) fue pensado por los principales referentes del área en la II Cumbre del CDC, que contó incluso con la presencia de Lee Shulman. Julie Gess-Newsome fue la encargada de realizar el resumen de lo discutido y consensuado, para llegar a presentar el nuevo modelo para el CDC, que posee diferentes conocimientos en interacción, siendo los principales los que siguen:

- a) Bases del conocimiento profesional docente, TPKB (*teachers' professional knowledge bases*): conocimiento general docente sobre: la evaluación, la pedagogía, el contenido, los estudiantes y el currículo;
 - b) Conocimiento profesional sobre tópicos específicos, TSPK (*topic-specific professional knowledge*): propio de los temas específicos de cada disciplina, canónico y generado por la investigación y las buenas prácticas de enseñanza al ser codificadas por expertos;
 - c) CDC: conocimiento personal, determinado por amplificadores y filtros que influyen en los procesos de enseñanza y de aprendizaje que ocurren en cada aula en particular.
- En la figura 12 se presenta una representación del modelo de Gess-Newsome (2015) donde puede verse una jerarquización de los diferentes conocimientos y la manera en que cada uno de ellos está relacionado.



Figura 12. Representación del modelo del TPK&S (siglas en inglés correspondientes a *teachers' professional knowledge and skills*) presentado por Gess-Newsome (2015)

Modelo de Consenso Refinado del CDC de Carlson y Daehler (2019) y Rodríguez y Towns (2019)

Luego de la poca aceptación del modelo TPK&S y a partir de diferentes discusiones llevadas adelante en distintos eventos (II cumbre del CDC, la reunión de 2017 de la *National Association for Research in Science Teaching*, NARST, y la 12va conferencia de 2017 de la *European Science Education Research Association*, ESERA), intentando clarificar aspectos del modelo anterior, se ha propuesto un nuevo modelo para este constructo teórico: el Modelo de Consenso Refinado del CDC (*Refined Consensus Model of PCK, RCM*) (Hume *et al.*, 2019).

El Modelo de Consenso Refinado del CDC, cuya representación realizada en conjunto con diseñadores gráficos se presenta en la figura 13, distingue claramente las diferentes fuentes del CDC, señalando que las y los docentes aprenden de sus estudiantes, de otros docentes, del contexto, de las investigaciones en didáctica de las ciencias y al igual que los modelos anteriores, reconoce la manera en que todos los distintos tipos de conocimiento se encuentran en constante interacción y retroalimentación. Por otro lado, distingue entre el CDC personal que posee el docente (CDCp), el CDC en la acción o en uso al momento de enseñar (CDCa) y el CDC colectivo (CDCc) (Carlson y Daehler, 2019).

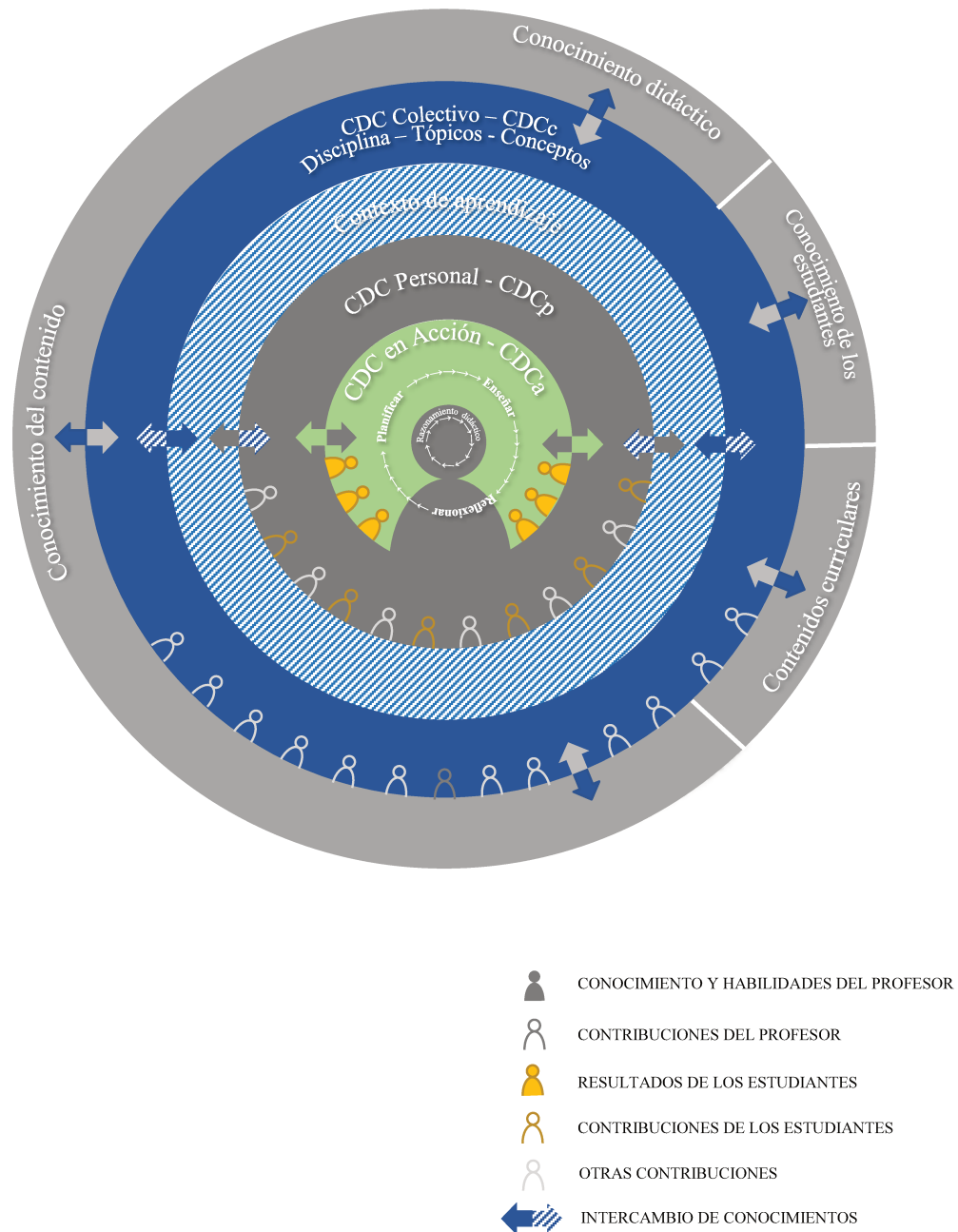


Figura 13. Representación del Modelo de Consenso Refinado del CDC (RCM) de Carlson y Daelher (2019). Traducción al español de Quintero (2021).

Si se recorre la figura de afuera hacia adentro, se puede visualizar distintos tipos de conocimiento:

- *Bases del conocimiento profesional:* dentro de las que se encuentran el conocimiento sobre el contenido que trasciende los conocimientos específicos de la asignatura e incluye aspectos sobre la naturaleza de las ciencias, los modos de validación, la historia de la disciplina, es decir que abarca conocimiento

sustantivo y sintáctico de las ciencias. Dentro las bases se encuentran los conocimientos sobre: la didáctica y la pedagogía, los estudiantes, el currículo y la evaluación. En términos generales, todos estos saberes son los que se enseñan en la formación inicial del profesorado y luego profundizados en la formación continua y en la práctica profesional, aunque en ocasiones parte de estos conocimientos pueden ser contruidos informalmente (Rodríguez y Towns, 2019).

- *CDC colectivo (CDCc)*: es el conocimiento que posee un grupo de docentes. Éste puede incluir lo que se sabe sobre una disciplina o a un tema específico, así como también a un concepto en particular.
- *Contexto del aprendizaje*: toda enseñanza es situada en un espacio y un tiempo particulares, por lo que los conocimientos estarán enmarcados y transformados por los distintos contextos donde se den las prácticas educativas. El contexto sirve como un amplificador o como un filtro de lo que conoce y puede interferir el CDC personal y las habilidades son aplicadas en la acción de cada docente.
- *CDC personal (CDCp)*: es aquel que posee cada docente posee un conocimiento propio sobre la enseñanza y el aprendizaje de determinado tema, concepto o asignatura. Es dinámico y su construcción comienza en la formación inicial y se transforma al reflexionar sobre la práctica y al compartir experiencias con otros docentes.
- *CDC en acción o en uso (CDCa)*: es aquel conocimiento que se pone en juego al desarrollar una clase, así como cuando se planifica, o se reflexiona en y sobre la enseñanza. Se desarrolla en un contexto particular con determinados estudiantes, para enseñar un concepto, un tema, en una asignatura y aquel conocimiento que se construya en tal situación, luego, a través de la reflexión sobre la acción, puede pasar a ser parte del CDCp de cada docente.

Por otra parte, Jon-Marc Rodríguez y Marcy Towns proponen representar al Modelo de Consenso Refinado del CDC mediante pentágonos superpuestos que engloban las diferentes particularidades del RCM de Janet Carlson y Kirsten Daehler. Un esquema del modelo pentagonal actual puede verse en la figura 14.

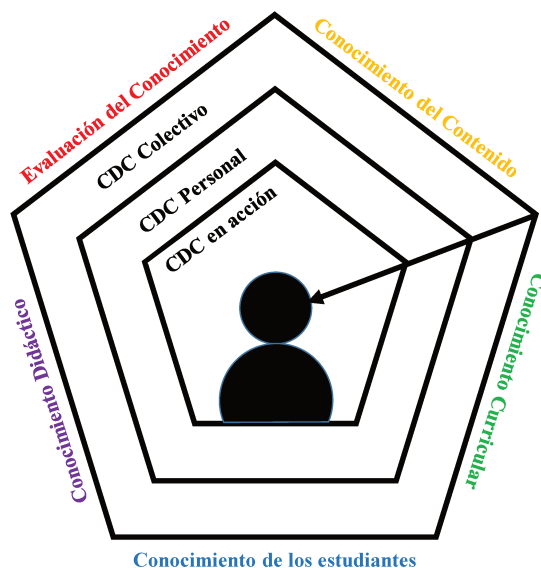


Figura 14. Representación del modelo pentagonal de Rodríguez y Towns (2019) a partir del RCM de Carlson y Dawson (2019). Traducción de Quintero (2021).

2.4.3 Fuentes y Desarrollo del CDC

Como ya se ha mencionado en la subsección anterior, el CDC es un conocimiento complejo que las y los docentes construyen a lo largo de su trayectoria profesional que se nutre de variadas fuentes (como pudo distinguirse en alguno de los modelos presentados). En tal sentido, se ha reportado que el CDC de las y los docentes en un área del conocimiento particular requiere un conocimiento sobre el contenido como prerequisite para el desarrollo del CDC, el cual puede crecer durante la práctica docente que resulta esencial para su consolidación. Es entonces que las y los docentes que recién se inician tienen un CDC precario o poco desarrollado y requieren capacitaciones adicionales para aprender a revisar sus prácticas profesionales a fin de enriquecer su CDC (van Driel *et al.*, 1998, van Driel *et al.*, 2002).

Según Shulman (1987), el CDC de las y los profesores posee cuatro fuentes principales:

- la educación formal que ha recibido sobre la asignatura a enseñar, que incluye tanto a la formación inicial como a la continua,
- los materiales y el contexto del proceso educativo institucionalizado: que incluye los currículos, los libros de texto utilizados y disponibles en su contexto,

la estructura organizativa de la institución, así como la financiación y la estructura de la profesión docente,

- la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje: incluye aquellos saberes novedosos que toman como objeto de conocimiento a las organizaciones sociales, el aprendizaje, la enseñanza y los demás fenómenos socioculturales que influyen en la tarea profesional de las y los profesores,
- los saberes que otorga la experiencia propia de la o del docente sobre las distintas prácticas educativas en las que ha participado.

En la misma sintonía, Gess-Newsome (1999) ha indicado que la mayoría de las y los investigadores están de acuerdo en que el CDC se adquiere a lo largo de toda la carrera profesional y por múltiples y variados tipos de experiencia.

Por su parte, Grossman (1990) indica que el CDC es generado y construido a través de:

- observación de actividades de aprendizaje, tanto como estudiante, así como practicante,
- instrucción disciplinar como aquella recibida en cursos de contenido,
- experiencias como docente en clases reales,
- capacitación profesional continua.

Además, Loughran *et al.* (2006) argumentaron que las y los profesores podrían desarrollar su CDC estudiando resultados de investigaciones sobre el CDC, así como también estudiando las prácticas de docentes expertos. En esta línea, Appleton (2006) destacó el uso de narrativas sobre prácticas educativas como una herramienta valiosa para el desarrollo del CDC. Asimismo, se ha señalado que las revistas profesionales destinadas a docentes constituyen una fuente útil, hoy en día accesible en línea, y en muchos casos de manera gratuita y abierta, para encontrar modelos, actividades y ejemplos de práctica que puedan ser adaptados a distintos contextos (Smylie, 1989). Este tipo de recursos también puede contribuir al fortalecimiento del CDC (Wei *et al.*, 2019).

En este apartado se han expuesto las principales características del constructo teórico del CDC, útil para estudiar las prácticas educativas en una amplia variedad de contextos, se relevaron diferentes propuestas de modelización, se detallaron las principales características del actual RCM, para finalizar con una breve descripción de algunas de las maneras en que los docentes pueden construir y desarrollar su CDC.

Si bien este modelo es útil para el estudio de las prácticas docentes y ha sido estudiado en distintos contextos naturales, su utilización para estudiar, documentar y analizar el CDC de docentes a cargo de clases de laboratorio universitario no ha sido estudiado ampliamente, siendo escasas las publicaciones de esta temática, relevadas en el siguiente apartado.

2.5 El CDC sobre la enseñanza en el laboratorio de ciencias

En este apartado, se describen los resultados alcanzados por otros grupos de investigación sobre la temática de la enseñanza del laboratorio utilizando el modelo del CDC.

A partir de su desarrollo, el modelo del CDC pudo ser utilizado para el estudio de las prácticas educativas de la química en diferentes niveles, contextos y escenarios. A lo largo de las últimas décadas, fueron llevadas adelante pocas investigaciones que abordaran la enseñanza en los laboratorios de ciencias desde este marco teórico. Entre los trabajos que relacionan lo que se enseña en las clases prácticas de laboratorio desde el marco del CDC, se pueden reconocer diferentes abordajes:

- Estudio que documenta el CDC sobre el laboratorio de química de diferentes docentes noveles universitarios (Bond Robinson, 2005),
- Reflexión teórica sobre diferentes aspectos inherentes al quehacer docente en distintos tipos de laboratorio para la enseñanza de la física (van de Berg, 2009, 2013),
- Estudios cuantitativos sobre las fuentes del CDC del laboratorio de ciencias naturales de docentes en ejercicio de nivel secundario (Wei *et al.*, 2019, Chen y Chen, 2021),
- Estudio de caso que documenta el CDC de laboratorio de un docente experto de secundaria de química (Wei y Liu, 2018).
- Estudio autorreflexivo sobre el CDC de profesores que llevan adelante clases experimentales en un programa de grado centrado en alimentos (Murakami y Lehrer, 2021).
- Revisión sistemática de literatura sobre CDC y TPL en diferentes revistas y bases de datos (Vargas Neira & Bernal Ballén, 2022).

- Diseño y validación de un instrumento para la determinación de las relaciones entre CDC y TPL. Aplicado de manera exploratoria en estudiantes de programas de formación docente (Vargas Neira *et al.*, 2024).

A continuación, se presentan en mayor detalle los principales aportes de cada uno de estos trabajos.

Bond-Robinson (2005) indica que para enseñar en el laboratorio de Química es necesario contar con un conocimiento didáctico particular, al cual define como Conocimiento Didáctico Químico (CDQ, *Pedagogical Chemistry Knowledge, PChK*). En su trabajo, evalúa el CDC en docentes auxiliares recientemente graduados de la universidad que se desempeñan en la enseñanza del laboratorio universitario de QG y Química Orgánica y las formas en las cuales el CDC se construye al realizar un curso de capacitación especialmente diseñado para la enseñanza en el laboratorio de Química. En esa investigación, se aplicó un instrumento para la evaluación de aspectos propios del CDC sobre la enseñanza en el laboratorio a 15 docentes de un curso para docentes auxiliares y a 245 estudiantes de los docentes auxiliares.

Con los datos obtenidos, realizó un análisis de factores, reagrupó las variables y caracterizó los componentes del CDC de estos nóveles docentes. La autora propone cuatro tipos diferentes de CDQ (tabla 11) que serán detallados a continuación.

Tabla 11. Formas de CDQ definidos por Bond Robinson (2005), tareas docentes y conocimientos asociados a cada CDQ

Forma de CDQ	Tareas docentes	Conocimientos asociados
CDQ-0	Gestión del laboratorio	Asesoramiento que no está especialmente relacionado con la Química
CDQ-1	Gestión del Laboratorio Químico	Conocimiento general de procedimientos propios del trabajo de laboratorio Químico: técnicas específicas, procedimientos, cálculos y normas de seguridad asociada a cada práctica
CDQ-2	Enseñanza de conceptos químicos	Conocimiento de tópicos y conceptos químicos para transformarlos y hacerlos comprensibles para las y los estudiantes
CDQ-3	Enseñanza de conceptos químicos	Conocimiento flexible para probar y guiar a las y los estudiantes en el razonamiento, confianza en su conocimiento y en su rol de guía para el aprendizaje de las y los estudiantes

CDQ-0: Este conocimiento corresponde a un conocimiento general de las clases de laboratorio, el cual puede no estar ligado específicamente al laboratorio de Química. Aquí se incluyen las interacciones con las y los estudiantes, la asistencia en el trabajo áulico, el respeto por las habilidades de los estudiantes para aprender. En el caso estudiado, se encontró que el CDQ-0 se encontraba altamente desarrollado, la autora atribuye este resultado a la creencia de los jóvenes docentes de que su rol principal es crear vínculos amigables y cooperativos con sus estudiantes.

CDQ-1: considera al conocimiento requerido por las y los docentes para desempeñarse en el laboratorio de Química a la hora de guiar a sus estudiantes en la realización del TP. Este nivel incluye consejos y asesoramiento relacionado a las técnicas y procedimientos propios del trabajo en el laboratorio y las principales dificultades asociadas a las técnicas experimentales, así como el respeto y conocimiento de las normas de seguridad. La autora indica que las y los docentes jóvenes habían desarrollado este conocimiento mientras cursaban como estudiantes en clases basadas en la reproducción de procedimientos típicos del laboratorio de Química.

CDQ-2: Está relacionado con la enseñanza de temáticas de la Química y conceptos en relación con lo observado en el laboratorio. Los docentes deben identificar los conceptos químicos abstractos subyacentes a la experiencia práctica para ayudar a los estudiantes a comprenderlos. Este aspecto requiere un trabajo previo de adaptación de los conocimientos propios de la ciencia a formas apropiadas para las y los estudiantes. Las y los docentes noveles tienen dificultad en identificar estos conceptos ya que no están explicitados en el procedimiento de laboratorio. Este conocimiento incluye la identificación de ejemplos claros, relacionar lo que se observa en el laboratorio (nivel macro) con el nivel molecular o atómico (nivel submicro), realizar analogías e identificar variables para explicar los procesos químicos.

El desarrollo del CDQ-2 implica que las y los docentes construyan conocimiento que vinculen el ambiente concreto del laboratorio con los conceptos abstractos y las representaciones de lo que ocurre en los procesos químicos. Estas explicaciones a veces requieren el uso de representaciones matemáticas. La producción de las explicaciones que hacen a la química entendible para las y los estudiantes requiere que la o el docente enseñe cómo pensar de la manera en la que lo hace una química o un químico y haga explícitos los niveles de representación utilizados en la explicación y cómo se vinculan para realizar un entendimiento más profundo desde un punto de vista químico. En los

resultados presentados por la autora, el CDQ-2 no fue desarrollado en la mayoría de los casos estudiados.

CDQ-3: Este tipo de conocimiento incluye las habilidades que poseen las y los docentes de poder interactuar con sus estudiantes y de promover la interacción entre ellos para la guía en la construcción de conocimientos y el aprendizaje de la Química en el contexto del laboratorio. Incluye las preguntas guías como estrategia para promover el razonamiento conceptual, producir explicaciones que hagan que la química sea comprensible para las y los estudiantes, utilizar diferentes formas de representaciones utilizadas en la química para hacer explícita su enseñanza, promoviendo que los estudiantes "vean" los cambios en objetos de la ciencia de la misma manera que lo hacen los químicos. En particular, la autora indica que las interacciones propias del CDQ-3 fueron mucho más difíciles de encontrar en las y los jóvenes docentes que los del CDQ-2.

En suma, el estudio mostró que existiría una progresión natural entre CDQ-0 al desarrollo del CDQ-1 y existiría una dificultad mayor en el desarrollo del CDQ-2 y CDQ-3. La autora indica que las y los docentes de laboratorio no diseñan el programa a ser desarrollado, sino que lo hacen las y los profesores de mayor jerarquía y las y los coordinadores del laboratorio. Por lo que una porción de la experticia docente está ausente en la enseñanza del laboratorio, que constituiría un CDQ-4 (no relevado en el estudio), que consistiría en los conocimientos que requieren una combinación del CDQ-1 al 3. Finalmente, hipotetiza que existiría un CDQ-5, el conocimiento necesario para formar docentes de laboratorio en formación y en servicio, e incluiría relaciones entre CDQ-0 al 4.

Por último, establece que existiría una jerarquización en torno a cuán difícil es el orden de adquisición del CDQ: $CDQ-3 > CDQ-2 > CDQ-1 > CDQ-0$. Además, indica que el CDQ-1 estaría relacionado con el nivel macroscópico y opera en el nivel de lo tangible y lo observable, mientras que la dificultad en el uso y la construcción del CDQ-2 y CDQ-3 se deberían a la falta de prácticas constructivistas, aspectos propios de la naturaleza de la química y las explicaciones de los fenómenos en el nivel submicroscópico en la formación de las y los docentes nóveles.

Por su parte, van den Berg (2009, 2013) realiza una reflexión teórica sobre el CDC que requieren los docentes en el laboratorio de Física a partir de una indagación en las publicaciones entre 1980 y 2009. Indica que en tal período de tiempo hubo poca

preocupación en el área de investigación en didáctica de las ciencias por los problemas referidos a la enseñanza en el laboratorio. Este trabajo aborda los objetivos del laboratorio y su alcance en las propuestas de laboratorios de Física, así como también la incorporación de las nuevas tecnologías en la enseñanza del laboratorio (computadoras, cámaras, internet, simulaciones) que pueden estimular a los estudiantes. Indica que “*el CDC de la enseñanza en el laboratorio está centrado en cómo conectar el mundo de las experiencias con el mundo de las ideas, cómo transformar la manipulación de equipamientos a la manipulación de ideas*” (Traducción propia de van den Berg, 2009, p. 88 y van den Berg, 2013, p. 75).

En los últimos años, un grupo de investigadoras/es de China, se han ocupado de estudiar diferentes aspectos del CDC en relación con el TP experimental en el nivel secundario presentando resultados de investigación, dos de sus publicaciones indagan sobre las fuentes del CDC de profesores en ejercicio y un tercer artículo en donde documentan el CDC de un docente experto de trabajos prácticos experimentales.

En el primero de ellos, Wei *et al.* (2019) realizaron un estudio para investigar las fuentes en el desarrollo del CDC acerca de los TP tomando como referencia el modelo de Magnusson *et al.* (1999) adaptando sus componentes considerando al TP como idea central (tabla 12).

Tabla 12. Comparación del modelo de Magnusson *et al.* (1999) con el propuesto por Wei *et al.* (2019) para el estudio de los trabajos prácticos de laboratorio de ciencias

Componentes del CDC propuestos por Magnusson <i>et al.</i> 1999	Componentes del CDC propuestas por Wei <i>et al.</i> 2019
a) Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias (Farré, 2020b)	a) Metas de la enseñanza acerca del TP: conocimiento y creencias acerca de las metas del TP, hacienda referencia a las razones acerca de porqué los docentes deberían comprometer a las y los estudiantes en el trabajo práctico, las orientaciones de su enseñanza y los objetivos que deberían alcanzar.
b) Conocimiento y creencias acerca del aprendizaje de los alumnos sobre tópicos específicos de ciencias	b) Dificultades en el aprendizaje de las y los estudiantes en el TP: conocimiento y creencias acerca de las dificultades que presenta el estudiantado en el aprendizaje de los experimentos y actividades, referidos al conocimiento docente de las dificultades de los estudiantes en entender principios específicos, conceptos u operaciones relacionadas a las actividades de laboratorio.
c) Conocimiento y creencias sobre el currículo de ciencias	c) Materiales curriculares de laboratorio: conocimiento y creencias acerca de los materiales de enseñanza del TP, principalmente lo referido a la cantidad, disposición y características de las actividades curriculares
d) Conocimiento y creencias sobre estrategias didácticas para enseñar ciencias	d) Estrategias didácticas para enseñar con TP: conocimiento y creencias sobre las estrategias didácticas para enseñar ciencias en los TP, referido a los procedimientos y estrategias específicas para llevar adelante la enseñanza en el laboratorio.
e) Conocimiento y creencias acerca de la evaluación en ciencias	e) Evaluación docente del TP conocimiento y creencias acerca de la evaluación en los trabajos prácticos, involucrando estándares específicos y métodos de evaluación de los logros de aprendizaje en el laboratorio.

Para este estudio indagaron las fuentes del CDC sobre TPL (tabla 13) de un gran número de docentes de Ciencias Naturales de escuela secundaria (n=280) de una región perteneciente al sur continental de la República Popular China.

Tabla 13. Fuentes del CDC de TPL evaluadas por Wei *et al.* (2019)

Fuente del CDC de TPL evaluada
Su propia experiencia como estudiante de escuela primaria y secundaria
Prácticas en la formación inicial
Prácticas docentes
Formación formal en servicio, tales como cursos de perfeccionamiento, seminarios, workshops, etc.
Observaciones de clases entre colegas
Intercambios informales cotidianas con colegas
Lectura de revistas académicas acerca de ciencia o educación en la ciencia
Lectura de recursos en línea
Reflexión sobre prácticas docentes personales
Lectura de materiales de enseñanza como libros de texto o guías para docentes

Dentro de sus principales resultados encontraron que las fuentes más importantes son las siguientes: reflexión sobre la práctica y los intercambios informales con colegas, seguidas de la lectura de materiales de enseñanza, la lectura de recursos en línea y la práctica en la formación inicial. Por otro lado, las fuentes que contribuyen en menor medida a la constitución del CDC de estos docentes son la formación formal en servicio y la experiencia como estudiantes en la primaria y secundaria.

Las y los autores interpretan a la importancia asignada a esas fuentes que la experiencia personal en situaciones particulares de enseñanza está relacionada con la propia naturaleza del CDC. Por otra parte, indican que la manera en la que son presentados los TP en los materiales de enseñanza impactaría en la constitución del CDC. Es importante señalar que la experiencia vivida durante la formación inicial surge como una fuente constitutiva del CDC. Este aspecto resulta especialmente relevante para quienes se dedican a la formación de docentes, ya que la pedagogía general y la didáctica de las ciencias suelen ser percibidas como poco útiles por parte de muchos futuros profesores de ciencias.

También discuten que la oferta de formación continua en el área estudiada no aborda ni desarrolla los contenidos de TPL, por lo que entienden que no fue una fuente importante en el CDC de estos docentes. Por otro lado, la experiencia como estudiantes de escuela primaria y secundaria no ha sido importante para el desarrollo del CDC de estos

docentes, lo cual estaría en contra de la suposición de que las y los docentes enseñan de la manera en que fueron enseñados.

A su vez, dividieron a las respuestas en dos grupos según su historia docente en el laboratorio. El análisis de los datos reveló que aquellos docentes que tenían experiencia en la enseñanza en el laboratorio en la formación inicial al inicio de su carrera docente encontraron más favorable la observación de clases y la lectura de revistas especializadas que los que no tenían experiencia.

En suma, este estudio ha encontrado algunas respuestas a cuáles son las fuentes de diferentes categorías del CDC de la enseñanza del laboratorio. Las autoras indican que a través de este tipo de estudios cuantitativos es difícil indagar acerca de por qué una fuente es más importante que otra.

En el segundo artículo de este grupo (Chen y Chen, 2021) también se examinan las fuentes del CDC sobre la práctica experimental en el nivel secundario en la ciudad capital de una provincia en el sur de la República Popular China desde la perspectiva del propio docente, pero en este caso, con un amplio grupo de profesores de Química. En este trabajo, se estudiaron 323 respuestas (92,3% de respuestas válidas) a un cuestionario que incluía preguntas relativas a 9 de las 10 posibles fuentes del CDC que habían sido analizadas en el primer estudio (combinando las prácticas docentes con la reflexión sobre la práctica docente). En este segundo estudio, se encontró que las fuentes centrales fueron reflexión y prácticas docentes, lectura de materiales de enseñanza, observación de clases y el intercambio con colegas, mientras que las experiencias de aprendizaje fueron reconocidas como una fuente periférica.

Wei y Liu (2018) presentan los resultados alcanzados en un estudio de caso para la documentación del CDC de un profesor experto en la enseñanza de la Química en el laboratorio escolar de nivel secundario en una provincia costera del sur de la República Popular China. Utilizaron el modelo de Magnusson *et al.* (1999) como eje rector del análisis realizado, focalizándose en cómo los modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias y el factor contextual modelaron el conocimiento práctico del docente para la enseñanza en el laboratorio de Química. Durante un semestre de clases completo (cuatro meses), recolectaron información de diferentes fuentes: entrevistas, observación de clases, libros de textos y planificaciones docentes. Las principales conclusiones

obtenidas fueron: 1) los modelos didácticos para la enseñanza fueron multidimensionales y de diferente corriente, combinados, moldeando su conocimiento y creencias sobre el aprendizaje de sus estudiantes y sobre las distintas estrategias de enseñanza relacionadas al TPL (conviven modelos tradicionales de enseñanza con aquellos relacionados a la indagación; respecto al aprendizaje, encontraron que la o el docente considera que las y los estudiantes pueden aprender observando e imitando lo que el docente realiza y a su vez indica que pueden aprobar los exámenes sin ser buenos en lo experimental; el docente relevó que en muchas ocasiones las actividades de laboratorio son actividades suplementarias) y 2) los factores contextuales (cambios curriculares Chinos, como los libros de texto y el currículo, la cantidad de estudiantes en los cursos, las limitaciones en los tiempos y espacios en el laboratorio) ejercieron una gran influencia en su CDC.

Desde una perspectiva distinta, pero también centrada en la enseñanza práctica en el laboratorio, Murakami y Lehrer (2021) exploraron la conexión entre el aprendizaje experiencial y el CDC en una carrera de estudios de grado sobre alimentos. Los autores proponen que las experiencias prácticas forman parte de un modelo multidimensional de aprendizaje, en el que el "aprender haciendo" se entrelaza con otras formas de la construcción del conocimiento. Si bien las y los educadores en ciencias de los alimentos y agricultura tienen una larga tradición de valorar el aprendizaje experiencial, aún no está claro cómo integran estas prácticas con otras formas de enseñanza ni cómo equilibran sus decisiones pedagógicas. Desde un enfoque autorreflexivo, los autores analizan cómo el conocimiento profesional y las decisiones didácticas inciden en la implementación del aprendizaje experiencial. El estudio se centró en examinar los modos de aprendizaje experiencial utilizados, su integración con componentes académicos más tradicionales y los objetivos que utilizan estos modos particulares de aprendizaje. Concluyen que la toma de decisiones en torno al aprendizaje experiencial varía según el individuo, el curso, el programa y los objetivos institucionales.

Para finalizar, recientemente se han publicado dos trabajos de un grupo chileno donde se aborda el cruce entre CDC y TP en la formación de profesores (Vargas Neira y Bernal Ballén, 2022, Vargas Neira *et al.*, 2024).

El primero de ellos (Vargas Neira y Bernal Ballén, 2022), se corresponde a un artículo breve presentado a un congreso, donde los autores realizan una revisión sistemática preliminar sobre la literatura sobre los componentes del CDC y de los TPL. Para ello, llevaron adelante un rastreo en revistas nacionales e internacionales Scopus, Redalyc, Google Académico y Eric utilizando dos frases nominales para efectuar las búsquedas: “CDC” y “trabajos prácticos de laboratorio”. Dentro de los 56 trabajos encontrados sobre CDC, 32% correspondió a investigaciones educativas, un 53% a la formación docente y un 8% a los procesos de enseñanza y aprendizaje; mientras que para los TPL encontraron 52 artículos, un 77% de los mismos se referían a innovaciones didácticas o el análisis de implementaciones llevadas adelante en el contexto del laboratorio, un 17% estaban centrados en el aprendizaje de las y los estudiantes y un 3% utilizaron a los TPL como procesos de investigación en el aula. Los autores no clasificaron a los trabajos según la asignatura de ciencias a las que se correspondía, así como tampoco dan cuenta si encontraron un cruce entre ambas categorías.

Por otro lado, Vargas Neira *et al.* (2024), publicaron el diseño y la validación de un instrumento para documentar la percepción entre los componentes del CDC y su incidencia en el diseño, implementación y evaluación de TPL de profesores de nivel secundario de ciencias (Física, Química y Biología). En este trabajo los autores presentan el cuestionario de treinta ítems (tabla 14) fue validado por diez expertos y una prueba piloto de su implementación con 110 estudiantes y graduados de programas de formación docente en tres universidades de la ciudad de Bogotá (Colombia) y una universidad de Talca (Chile). El cuestionario fue ordenado según categorías pertenecientes al modelo de Magnusson *et al.* (1999) del CDC. Concluyen que el cuestionario es una herramienta válida para la formación de docentes de ciencias.

Tabla 14. Items del cuestionario presentado por Vargas *et al.* (2024) para identificar la percepción del CDC de TPL de docentes de nivel secundario.

Categoría	Item del cuestionario
Modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia	<ul style="list-style-type: none"> • Los TPL promueven el desarrollo del pensamiento científico en el estudiante. • Los TPL animan al estudiante a aprender ciencia. • Los TPL promueven la curiosidad de los estudiantes. • Los TPL permiten a los estudiantes experimentar con el entorno natural. • Los TPL facilitan el aprendizaje de instrumentos, métodos y procedimientos. • Al diseñar e implementar TPL, animas al estudiante a considerar los procedimientos.
Conocimientos sobre currículo	<ul style="list-style-type: none"> • Al diseñar e implementar TPL, diseñás guías para estudiantes. • Al diseñar e implementar TPL, utilizás guías y pautas disponibles en libros de texto. • Al diseñar e implementar TPL, utilizás guías y pautas disponibles en Internet. • Al diseñar e implementar TPL, considerás los estándares del currículo y los derechos básicos de aprendizaje. • Al diseñar e implementar TPL, se promueve el aprendizaje. • Al diseñar e implementar TPL, se promueve el cumplimiento del currículo.
Conocimientos sobre evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Los TPL promueven la evaluación formativa del estudiante. • Los TPL promueven y desarrollan actividades orientadas a la evaluación sumativa del estudiante. • Los TPL promueven la discusión con el estudiante sobre el proceso de evaluación. • Los TPL promueven la autoevaluación del trabajo realizado en el laboratorio. • Los TPL promueven la retroalimentación y ajustes a los informes presentados por los estudiantes. • Los TPL promueven la mejora de los resultados del aprendizaje.
Conocimiento sobre aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Los TPL promueven el uso de materiales y recursos encontrados en el entorno diario del estudiante. • Al diseñar TPL, explorás las concepciones previas de los estudiantes. • Al diseñar TPL, considerás las concepciones previas de los estudiantes. • Al diseñar TPL, considerás las dificultades de aprendizaje que enfrentan los estudiantes. • A lo largo del TPL, promovés la discusión y retroalimentación de los resultados obtenidos entre los estudiantes, así como del proceso de aprendizaje. • Los TPL diseñados están consideran el contexto sociocultural de los estudiantes.
Conocimientos sobre estrategias didácticas	<ul style="list-style-type: none"> • Los TPL fomentan el trabajo en equipo de los estudiantes. • La presentación de TPL se realiza de forma individual. • Se solicita al estudiante que entregue un informe previo del TPL y se le proporciona retroalimentación. • Se llevan a cabo actividades para aumentar la atención y conciencia antes del TPL. • Se familiariza al estudiante con la producción de artículos científicos. • Los TPL consideran actividades de retroalimentación posterior a la implementación.

Es de destacar que, hasta la fecha, no se ha encontrado en la bibliografía disponible ningún trabajo en el que se estudie el CDC sobre la enseñanza en el laboratorio de Química de docentes expertos en el nivel universitario. Por lo que los resultados de la presente tesis podrán derivar en un aporte muy relevante a esta cuestión.

2.6 A modo de cierre

En este capítulo, se han revisado los principales marcos teóricos que justifican esta investigación. En este sentido, el estudio y la documentación del CDC de las y los profesores resultan trascendentales para repensar las prácticas educativas para poder luego mejorarlas. Consecuentemente, se ha hecho evidente la necesidad de indagar este concepto para el caso de la enseñanza experimental, particularmente en el nivel universitario para carreras con alta carga de trabajo en el laboratorio.

Queda claro entonces que, para desempeñarse como docente en este particular escenario, se requiere de un conjunto de conocimientos variados y complejos que combine no solamente el conocimiento disciplinar de su asignatura, entendido como los modelos teóricos sino también los fundamentos de la práctica experimental, para planificar una propuesta de enseñanza en relación con las posibilidades de sus estudiantes. Por eso, el estudio del CDC sobre el desarrollo de las prácticas experimentales en el laboratorio cobra sentido ya que constituirá un aporte valioso para revisar las prácticas de enseñanza, y aportará nuevos criterios para la formación inicial y en servicio de profesores del área (Alvarado *et al.*, 2015). Este trabajo incluye la documentación del denominado CDCa (Alonzo *et al.*, 2019) que consiste en el conocimiento que pone en acto el docente durante el desarrollo de su clase y se evidencia a través de su propuesta de actividades, su selección de ejemplos, sus estrategias de enseñanza y fundamentalmente en lo que la o el docente dice, es decir de su discurso en clase.

En el próximo capítulo se presentan los marcos metodológicos que sustentan a la metodología empleada en los estudios realizados en esta tesis para responder a los objetivos de investigación planteados.

Capítulo 3. Marco Metodológico y Metodología

“Que la nobleza del Hombre, adquirida tras cien siglos de tentativas y errores, consistía en hacerse dueño de la materia, y que yo me había matriculado en Química ... Que dominar la materia es comprenderla, y comprender la materia es preciso para conocer el Universo y conocernos a nosotros mismos, y que, por lo tanto, el Sistema Periódico de Mendeléiev (...), era un poema, más elevado y solemne que todos los poemas...”

— **Primo Levi, El Sistema Periódico, p.49 (El Aleph, 2004)**

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta el marco metodológico general que orientó el desarrollo de la presente tesis, así como la metodología específica empleada en cada uno de los estudios realizados. En primer lugar, se describe el enfoque cualitativo adoptado y se analizan los marcos conceptuales que fundamentan las decisiones metodológicas tomadas. A continuación, se desarrollan las estrategias de recolección, análisis y documentación utilizadas para el abordaje del CDC y del discurso en clases de Química. Posteriormente, se contextualiza el escenario institucional en el que se llevó a cabo la investigación, con una caracterización del equipo docente participante y de los contenidos seleccionados para el análisis. Finalmente, se presentan el diseño y las metodologías particulares de cada uno de los estudios empíricos desarrollados, en correspondencia con los objetivos planteados en la tesis.

3.2 Marco Metodológico

En este apartado se describen los principales marcos teóricos que respaldan las metodologías utilizadas en esta tesis.

La investigación llevada adelante se inscribe en una perspectiva descriptiva e interpretativa, con un enfoque cualitativo que reconoce el carácter contextualizado y situado de los procesos de enseñanza. Se privilegió la comprensión de las prácticas docentes en su complejidad, atendiendo a las particularidades de los escenarios reales en los que se construyen los saberes profesionales.

La comunicación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias presenta características complejas y multidimensionales. Por ello, el abordaje de sus problemáticas exige una mirada sistémica que articule reflexión teórica e indagación empírica. En esta línea, se planteó una investigación en contexto que permite establecer conexiones entre la investigación didáctica, la innovación pedagógica y la formación docente. Se diseñó una investigación en contexto, entendiendo por contexto no solo el espacio físico del aula o el laboratorio, sino también las condiciones institucionales, curriculares e históricas que configuran la práctica docente.

Se optó por una estrategia plurimetodológica dentro del enfoque cualitativo, combinando distintas técnicas e instrumentos según los objetivos específicos de cada estudio. El uso de fuentes diversas, como análisis de documentos institucionales, cuestionarios abiertos, observaciones de clases y registros audiovisuales, permitió triangular información y construir un análisis más denso y situado.

3.2.1 Enfoques de investigación

La presente tesis se inscribe en un enfoque cualitativo, interpretativo y situado, orientado a comprender las prácticas de enseñanza en el laboratorio universitario de QI. Se privilegió el análisis en profundidad de experiencias concretas de enseñanza, considerando tanto lo que las y los docentes expresan sobre su práctica como lo que efectivamente realizan en contextos reales de clase.

Enfoque Descriptivo

Se adoptó una perspectiva descriptiva, en tanto se buscó caracterizar los escenarios, recursos, estrategias pedagógicas y dinámicas comunicativas presentes en las clases prácticas de laboratorio. Esta descripción abarcó tanto producciones escritas como observaciones sistemáticas de clases, con el objetivo de relevar las particularidades que asume la enseñanza experimental en el nivel universitario.

Enfoque Interpretativo

El análisis de los datos se orientó a comprender los significados que las y los docentes atribuyen a sus decisiones didácticas y a su modo de enseñar en el laboratorio. Desde

esta perspectiva, se procuró interpretar las prácticas docentes en su complejidad, atendiendo a los sentidos construidos en el marco de condiciones específicas.

Perspectiva contextualizada

La investigación se desarrolló en contextos naturales de enseñanza, sin manipulación de variables ni intervención directa del equipo investigador durante el desarrollo de las clases. Se trabajó con muestras intencionales, seleccionadas en función de los objetivos de cada estudio, y se priorizó la riqueza contextual y la profundidad interpretativa por sobre la representatividad estadística. Este enfoque permitió construir un análisis situado, respetando las condiciones reales en las que se produce la práctica docente universitaria.

A partir de estos enfoques generales, en los apartados siguientes se detallan las estrategias metodológicas utilizadas para la recolección y análisis de los datos, así como para la documentación de las prácticas de enseñanza observadas.

3.2.2 Estrategias para la recolección de datos

En esta subsección se presentan las estrategias empleadas para la recolección de datos en esta tesis. Se describen cuatro recursos metodológicos que permitieron acceder a distintas dimensiones de las prácticas docentes: el estudio de caso, el cuestionario de respuesta abierta, la observación cualitativa y el análisis de documentos institucionales.

Estudio de caso

Un estudio de caso busca estudiar un fenómeno con el objetivo de entenderlo en profundidad y aprender de éste sin centrar la atención en la cantidad de muestras evaluadas ni en la estandarización. En particular, los estudios de caso son útiles tanto en investigaciones de tipo cuantitativas exploratorias como en las investigaciones cualitativas. Tal es el caso de las investigaciones fenomenológicas, en donde se estudia las características de un grupo social determinado para conocer datos sobre esa población (Hernández Sampieri *et al.*, 2010).

El tipo de muestras utilizado en las investigaciones cualitativas que incluyen estudios de caso pueden ser dirigidas, es decir, seleccionadas de manera intencional, siempre que el fin de la investigación no sea la generalización de los resultados en términos de probabilidad.

En particular, los estudios de caso suelen considerar muestras de participantes voluntarios, quienes acceden a participar de la investigación de manera no obligada. Utilizando esta metodología, Pujol-Cols *et al.* (2024) llevaron adelante una investigación para conocer cómo se desarrollaba el conocimiento profesional de una estudiante de profesorado al utilizar diarios de clase en sus prácticas docentes profesionalizantes. Dentro de sus principales resultados pudieron identificar que el uso de diarios para la reflexión sobre la práctica docente al interior de una institución puede ser de interés para la formación de estudiantes de profesorado.

Un estudio de caso particular es aquel que considera expertos en un tema específico, la muestra se selecciona a fin de conocer más sobre cierto fenómeno en cuestión, ya que el experto en la temática tendrá conocimientos específicos que una persona no experta no cuenta con ellos. Krist y Shim (2024) realizaron un estudio para identificar la manera en que una docente experimentada promueve o limita las ideas de las y los estudiantes en discusiones grupales en el aula. A través de observación de clases y de entrevistas con la docente, lograron identificar los criterios que ella utilizaba para fortalecer las discusiones grupales, tomando la pertinencia disciplinar de las ideas que surgían de las discusiones en sintonía con las demandas del currículo escolar.

Cuestionario

Las tareas de lápiz y papel, como los cuestionarios, se inscriben en enfoques metodológicos de tipo cuasiexperimental, en los que la o el investigador orienta la atención hacia ciertos aspectos de la realidad mediante consignas o preguntas específicas. En esta tesis, si bien se priorizó un enfoque cualitativo y contextual, algunos instrumentos escritos, como la ReCo, recuperan esta lógica en tanto invitan a las y los docentes a explicitar determinados aspectos de su práctica, operando como instancias focalizadas dentro del trabajo de campo.

El cuestionario es un instrumento que permite juntar muchos datos de manera simple. Consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o a más variables a relevar. Un

cuestionario puede contener preguntas abiertas o cerradas (Hernández Sampieri *et al.*, 2010).

Las preguntas cerradas contienen opciones de respuestas que fueron previamente delimitadas por la o el investigador y presentan opciones de respuesta a las y los participantes. Por otro lado, las preguntas abiertas no delimitan de antemano las posibles respuestas y es la o el participante quien escribe la respuesta a cada pregunta. Las preguntas abiertas admiten infinitas posibilidades de respuestas.

Los análisis de los resultados obtenidos en cuestionarios de preguntas cerradas son más simples de realizar e implican la codificación de las respuestas para su posterior análisis. Son mayormente utilizadas en estudios cuantitativos en donde es necesario conocer de antemano las posibles respuestas que la o el participante puede tener para poder presentarle todas las opciones. Su principal desventaja es que limita la respuesta de antemano y puede que la o el participante no pueda expresar lo que realmente piensa, acotando la respuesta a las posibilidades presentadas en las opciones.

Mientras que los cuestionarios de respuesta abierta presentan la posibilidad de información más amplia y son útiles cuando no se conoce las posibles respuestas que pueden responder los participantes. Las principales desventajas radican en que su codificación y análisis son más complejos y requieren de mayor esfuerzo y tiempo por parte del equipo de investigación. Por otra parte, es posible que la o el participante tenga dificultades para expresar por escrito lo que piensa.

Los cuestionarios de pregunta cerrada en ocasiones se basan en respuestas obtenidas previamente mediante cuestionarios de preguntas abiertas que ya han sido codificados y analizados.

Los cuestionarios pueden aplicarse de diferentes manera: *autoadministrado*, es decir que se le entrega a la o al participante el cuestionario (en papel o de manera electrónica) y es el mismo quien responde las preguntas en algún momento y luego la o el investigador recolecta las respuestas; *por entrevista personal*, donde la o el investigador realiza cara a cara, mediante llamada o videollamada, la serie de preguntas que la o el participante va respondiendo de manera oral, las cuales pueden ser grabadas y luego desgrabadas o transcritas.

A modo de ejemplo, Martín-García y Dies Álvarez (2024) analizaron el desarrollo profesional docente en profesores de nivel secundario cuando participaban de actividades no formales sobre crecimiento de cristales. Realizaron un estudio

longitudinal durante cuatro años a través de cuestionarios de respuesta abierta. Pudieron encontrar que la inclusión de prácticas no formales podría ser de utilidad en la formación de docentes en ejercicio.

La observación cualitativa

La observación como metodología de investigación cualitativa implica adentrarse en profundidad en situaciones sociales manteniendo un papel activo considerando aspectos de reflexión permanente. Es decir que implica mucho más que contemplar el fenómeno tomando notas, solo mirando, sino utilizar todos los sentidos (Hernández Sampieri *et al.*, 2010).

Implica que la o el investigador se adentre en el ambiente natural y cotidiano en donde ocurre el fenómeno a observar. Durante la observación, la o el investigador realiza una toma de notas a fin de registrar lo que observa, las o los participantes, sus relaciones y eventos que transcurren mientras dura la observación. Estas anotaciones permiten a la o al investigador no olvidar lo que fue observado.

Hernández Sampieri *et al.* (2010, p. 412) realizan un listado de los distintos objetivos que pueden estar asociados a la observación cualitativa:

- “a) Explorar ambientes, contextos, subculturas y la mayoría de los aspectos de la vida social.*
- b) Describir comunidades, contextos o ambientes; asimismo, las actividades que se desarrollan en éstos, las personas que participan en tales actividades y los significados de las mismas.*
- c) Comprender procesos, vinculaciones entre personas y sus situaciones o circunstancias, los eventos que suceden a través del tiempo, los patrones que se desarrollan, así como los contextos sociales y culturales en los cuales ocurren las experiencias humanas.*
- d) Identificar problemas.*
- e) Generar hipótesis para futuros estudios.”*

Dentro de los posibles aspectos a ser observados, los autores mencionan:

- El entorno donde ocurre el fenómeno, es decir el ambiente físico: incluye tamaño, distribución espacial, accesos, lugares con funciones específicas, y también las impresiones iniciales que tiene la o el investigador,

- El ambiente social y humano que se genera en el entorno físico: incluye la forma en que se organizan los grupos y subgrupos observados, los patrones de interacción, elementos verbales y no verbales, características de las y los participantes, entre otras,
- Acciones individuales y colectivas: responde a qué, cuándo y cómo, es lo que están haciendo las y los participantes, a qué se dedican, entre otros aspectos,
- Artefactos o instrumentos que están siendo utilizadas y cuáles son sus funciones,
- Hechos relevantes, eventos e historias que ocurren mientras se realiza la observación.

Las acciones llevadas adelante por la o el observador permiten clasificar las observaciones en:

- Observación no participante: la o el observador no está presente en el lugar donde ocurre el fenómeno, y accede a la información a través de medios digitales o registros previos (por ejemplo, grabaciones de video).
- Observación participante pasiva: el observador está físicamente presente, pero no interactúa con las y los participantes.
- Observación participante moderada: la o el observador participa en algunas actividades puntuales, sin involucrarse completamente en la dinámica del grupo.
- Observación participante activa: el observador interactúa en la mayoría de las actividades, aunque mantiene su rol externo.
- Observación participante completa: la o el observador se integra plenamente al grupo, asumiendo un rol similar al de las y los participantes.

Las dos primeras modalidades corresponden a estrategias en las que la o el investigador asume una posición pasiva, procurando registrar lo que sucede sin intervenir en el desarrollo del fenómeno, y sin manipulación de variables. Las formas de observación participante, en cambio, implican distintos grados de involucramiento en la situación estudiada, lo que puede enriquecer la comprensión del fenómeno, pero también exige mayor reflexividad y control de sesgos.

Para esta investigación, se realizaron observaciones *participantes pasivas* para las clases presenciales que ocurrían en un laboratorio de Química universitario y observaciones *no participantes* para las clases desarrolladas durante la pandemia. El investigador estuvo presente en el aula, adoptando una postura pasiva con el objetivo de registrar lo que ocurría sin interferir en el desarrollo del fenómeno, minimizando así posibles

alteraciones derivadas de su presencia. En el segundo caso, el análisis se basó en registros audiovisuales de clases virtuales, lo que permitió acceder a la dinámica de enseñanza sin intervención directa del observador.

Las observaciones de participación pasiva requieren que la o el investigador esté presente donde ocurre el hecho que se investiga, que no intervenga el hecho investigado con su presencia, intentando que la misma pase desapercibida. Por otro lado, que el hecho ocurra o no, no depende de él o ella, por lo que su investigación está asociada a las condiciones en que ocurre el fenómeno. Además, requiere una apertura del o de la docente a cargo de las clases y del conjunto de estudiantes que asisten a ellas para aceptar la presencia del o de la investigadora, por lo que la negociación inicial es clave. Y también, es importante tener en cuenta que, la presencia del o de la investigadora puede generar ciertas incomodidades en las y los sujetos observados que podrían modificar su comportamiento, esto suele disminuir a medida que la figura de la o del observador es naturalizada dentro del ambiente de la clase.

Las conversaciones y discursos en clase suelen ser registrados mediante medios electrónicos, tales como grabadores para luego ser desgrabados. El texto del discurso que se obtiene luego de la desgrabación puede ser enriquecido con los registros obtenidos por las observaciones de participación pasiva.

Los textos obtenidos de esta forma muestran de manera más completa lo acontecido en el aula, ya que incluyen información que no hubiera podido ser registrada solamente mediante la audiograbación, por ejemplo, lo escrito por la o el docente en la pizarra o algún gesto en particular. Una de las limitaciones asociadas a esta técnica es la capacidad tecnológica disponible para ser usada por la o el investigador, a modo de ejemplo, el número de dispositivos al momento de observar el fenómeno estudiado. Otra limitación corresponde a la gran cantidad de tiempo que insume el proceso de desgrabación y transcripción. Es de destacar que en los últimos años, las tecnologías basadas en inteligencia artificial transformaron la manera en que se puede realizar esta tarea. Se encuentran disponibles diferentes plataformas que transcriben los audios que presenten buena calidad sonora, obteniéndose muy buenos resultados, tal es el caso de TranscribeMe (<https://www.transcribeme.app/>), una app disponible en redes sociales tales como Whatsapp o Telegram. Al momento de la realización de la obtención de los datos de la presente tesis, no se contaba con el acceso gratuito a tales tecnologías.

Zaimi *et al.* (2024) utilizaron la observación como metodología central para estudiar la manera en que los docentes auxiliares graduados (GTA, por sus siglas en inglés) participaban durante una actividad de enseñanza cooperativa en aulas de Química Orgánica universitaria. A través de entrevistas y observaciones pre y post actividad, se recopilaban datos que evidenciaron cómo estos docentes interpretaron las dinámicas del aula y conectaron sus observaciones con objetivos pedagógicos, equilibrando tanto las metas de aprendizaje establecidas por el equipo docente como sus propias metas de enseñanza. En esa investigación se destacó la observación en la comprensión del razonamiento pedagógico y la toma de decisiones de los docentes en formación.

Análisis de documentos

Hernández Sampieri *et al* (2010) señalaron que el análisis de documentos individuales y grupales puede proporcionar información relevante para la investigación. Esta técnica metodológica se basa en la recopilación y análisis de distintos tipos de documentos, con el fin de acceder a datos significativos que permitan comprender el problema objeto de estudio.

Los documentos pueden clasificarse según el número de autores (individual o grupal) o la finalidad que puedan presentar (planificaciones, hoja de ruta de una clase, material audiovisual, guías con indicaciones para el equipo docente, publicaciones en boletines o revistas).

Una vez recopilados los documentos, pueden ordenarse para obtener datos plausibles de ser analizados con diferentes técnicas.

Un tipo particular de análisis documental es el bibliométrico, en donde se recopilan fuentes primarias y secundarias publicadas en revistas y libros académicos para su posterior codificación y análisis (Gómez-Luna *et al.*, 2014).

Herrera-Melin *et al.* (2023) llevaron adelante un estudio documental, para evaluar el desarrollo del pensamiento científico de docentes en formación, a partir de la recopilación y análisis de las planificaciones de clases luego de una instancia de formación inicial del profesorado. De los resultados obtenidos pudieron identificar la manera en que aspectos propios de la formación llevada adelante permitiría desarrollar discusiones productivas en las aulas de ciencias.

En suma, las estrategias de recolección de datos descritas permitieron construir un conjunto de datos diverso y contextualizado, orientado a indagar en profundidad las prácticas de enseñanza en el laboratorio universitario. En el apartado siguiente, se presentan los marcos metodológicos y las herramientas analíticas empleadas para su abordaje e interpretación.

3.2.3 Estrategias para el análisis de datos

En este apartado, se presentan los marcos metodológicos utilizados en la presente tesis para el análisis de datos. En primer lugar, se introducen aspectos relacionados al análisis del discurso en el aula. Luego, se describen las herramientas metodológicas empleadas para llevarlo a cabo: el análisis del contenido y la teoría fundamentada. Por último, se aborda la estrategia de triangulación como recurso para enriquecer la interpretación de los datos.

Análisis del discurso

La enseñanza es la actividad intencional del docente con el fin de que sus estudiantes aprendan el contenido que está enseñando. Para ello, la palabra es su principal herramienta, acompañada de otros recursos semióticos como gráficos y gestos (Lemke, 2002). A partir de la década del ochenta del pasado siglo, el aula comenzó a ser estudiada como un sistema esencialmente cultural, social e interpersonal, donde profesor y alumnos se implican conjuntamente y en colaboración para co-construir progresivamente unos significados compartidos sobre contenidos y tareas escolares. Desde entonces, la didáctica de las ciencias comienza a estudiar la forma en que la enseñanza y el aprendizaje ocurren en el aula a través de la comunicación de un tema específico, utilizando como metodología el análisis del discurso.

El análisis de discurso (AD) en el aula permite examinar el saber científico legitimado en el contexto áulico, las orientaciones epistemológicas y quiénes son las y los participantes de la construcción de los significados (Kelly, 2007). Las prácticas educativas pueden ser una fuente rica de conocimientos, su estudio y análisis pueden generar nuevos conocimientos teóricos sobre las maneras en que se producen las

interacciones entre los procesos de aprendizaje y los de enseñanza (Coll y Sánchez, 2008).

Cubero Pérez *et al.*, (2008) indicaron que, el discurso de las y los profesores en las aulas comprende un conjunto de dispositivos y recursos semióticos y que mediante su análisis es posible comprender y mostrar las acciones orientadas a la instrucción al construir un conocimiento escolar específico. Estos autores indicaron que existe una relación entre el tipo de discurso del o de la profesora de un aula y el discurso que promueve en sus estudiantes y existe una construcción de recursos discursivos en las o los alumnos al momento de realizar tareas de socialización científica en las aulas.

Mortimer y Scott (2002), mediante el AD identificaron patrones de interacción que suceden en el espacio áulico de ciencias en la escuela secundaria, tales como la tríada IRE (inicio, respuesta, evaluación) que consiste en la pregunta de inicio a cargo de la o del docente, la respuesta de la o del estudiante y la evaluación por parte de la o del profesor. En este patrón quedó en evidencia la presencia de la evaluación formativa en los patrones de diálogos que ocurren en las aulas. Los autores indicaron que el análisis puede ser útil a la hora de planificar clases y para el desarrollo profesional docente. Por otra parte, Ruiz-Primo y Furtak (2007) examinaron las prácticas de evaluación formativa de docentes que se desempeñaban en aulas de escuela primaria y secundaria. Indicaron que las conversaciones de evaluación formativas iniciales suelen ocurrir en ciclos de cuatro componentes: la pregunta con la inicia la o el profesor (elicitación), la respuesta de la o del estudiante, el momento en el que la o el profesor reconoce la respuesta de la o del estudiante y luego utiliza la información para apoyar el aprendizaje.

Por otra parte, una posible manera de estudiar el CDC del docente es a través del AD docente (Lorenzo & Farré, 2009, Farré & Lorenzo, 2014a). Esto será abordado en detalle en las secciones siguientes.

En la bibliografía se pueden encontrar algunas pocas investigaciones sobre clases de laboratorio de ciencias en donde se estudia y analiza el discurso que allí circula. A continuación, se mencionan algunos ejemplos.

Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003) han estudiado los procesos de discursivos del alumnado de secundaria durante la resolución de problemas de ciencias y ambientales, indicando que, existen múltiples dimensiones a ser consideradas: razonamiento, argumentación en cuanto a la relación entre datos y conclusiones

teóricas, compromisos epistemológicos, justificaciones de acciones y propuestas, valores. Los mismos autores (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2003), estudiaron el discurso entre estudiantes cuando formaban parte de pequeños grupos realizando tareas en laboratorios de escuela secundaria. En el análisis de las operaciones argumentativas y epistémicas utilizadas por las o los estudiantes, se encontraron evidencias de un compromiso con las prácticas científicas, expresado en la justificación de sus acciones y afirmaciones. Por otra parte, aunque la mayoría de los grupos lograron avanzar en algunas áreas, como la transformación de datos, enfrentaron dificultades en operaciones más complejas y requirieron asistencia.

Ruiz Carrillo *et al.*, (2012) analizaron el discurso que se establecía entre subgrupos de estudiantes durante clases de laboratorio universitario de Biología, en una universidad de México. Para ello, aplicaron un instrumento denominado ESTDIPA (Estrategias Discursivas Participativas), cuyas categorías habían sido elaboradas a partir de investigaciones previas realizadas en contextos diferentes a las clases de laboratorio universitario en Biología. Entre ellas se encuentran: Candela (2001) con población de nivel primario; Carmona (2009) con el estudio de discursos de jóvenes migrantes; y Ruiz Carrillo *et al.* (2010), centrado en estrategias discursivas de profesores universitarios. En el estudio de 2012, los autores categorizaron las interacciones discursivas que se produjeron dentro de los cuatro grupos de laboratorio observados. Concluyeron que el trabajo experimental promovió competencias comunicativas que contribuyeron al desempeño académico. A lo largo del análisis, identificaron procesos de construcción de identidad colectiva, expresados en el uso de un “nosotros”, en el cumplimiento de metas compartidas y en el desplazamiento respecto del modelo de aprendizaje tradicional individualista que suele predominar en las aulas universitarias.

Hunter *et al.* (2019) se ocuparon de estudiar el discurso de estudiantes de una universidad de Estados Unidos cuando abordaban los contenidos de electroquímica en dos tipos de clases: clases de laboratorio en donde desarrollaban actividades experimentales y clases con computadoras que simulaban las actividades experimentales. Encontraron que los estudiantes que realizaron las actividades experimentales en el laboratorio focalizaban sus discursos en el nivel macroscópico de la química, mientras que los que lo realizaron en las clases con computadoras, su discurso se centró en el nivel submicroscópico. Los autores indican que esto se debió a que el primer grupo observaba y manipulaba el fenómeno en la mesada del laboratorio,

lo que conllevó, además, a menores intercambios con sus pares, mientras que, quienes trabajaron con las simulaciones de computadora, las cuales incluían una representación animada de iones y electrones, centraron su discurso en el nivel submicroscópico de la química e interactuaron más con otros estudiantes. Por otra parte, encontraron que los estudiantes del laboratorio expresaron mayor entusiasmo en obtener datos rápidamente a través de sus observaciones, estando mayormente concentrados en el trabajo manual frente a las discusiones conceptuales.

Análisis del contenido

El análisis del contenido (AC), definido por Bardin (1986) como un conjunto de técnicas para el análisis de comunicaciones, permite indagar en la naturaleza del discurso a través del análisis y cuantificación de los materiales provenientes de la comunicación humana, tal como también señala Holsti (1969). En un aula, el principal recurso comunicativo utilizado por los docentes es el habla, acompañado por otros soportes tales como lo que escribe en el pizarrón, material impreso, proyecciones multimediales, entre otras. Por lo que, es posible realizar un análisis del contenido en la comunicación áulica en el discurso de los diálogos que allí se llevan adelante. Por otra parte, también es posible realizar un AC del texto de documentos, clasificando la información allí contenida produciendo un texto secundario a partir del primario (documento original).

El AC incluye procedimientos sistemáticos y objetivos para la descripción del contenido de los mensajes (Bardin, 1986). Dentro de los procedimientos del AC de los textos, se pueden incluir aquellos que implican el análisis de categorías teóricas preestablecidas basadas en el corpus teórico bibliográfico. Este análisis categorial implica establecer criterios claros para la clasificación del discurso en las distintas categorías.

Campos y Mujica (2008) indican que un posible abordaje para llevar adelante una investigación con herramientas del AC es estructurarlo en cuatro etapas:

- i) Construcción de un modelo inicial en base a los conocimientos que posea el investigador o investigadora a través de la búsqueda y análisis bibliográficos estableciendo categorías de análisis e indicadores a partir de teorías preexistentes.

- ii) Construcción de un modelo intermedio a partir de la interpretación que surja del análisis de los datos.
- iii) Construcción de un modelo final conceptual a partir del contraste y la relación de los elementos coincidentes entre el modelo inicial y el intermedio.
- iv) Construcción de un marco de presentación de las teorías logradas a partir de la discusión de los análisis contruidos y representados en gráficos y dibujos de los modelos contruidos en la fase anterior.

Por otra parte, Porta y Silva (2003), establecieron diferentes fases para llevar adelante una investigación por AC. En las primeras cuatro, se deben determinar los objetivos pretendidos, la definición del universo a estudiar, la selección del conjunto de documentos o textos a analizar y el establecimiento de las finalidades de la investigación. La quinta fase implica el establecimiento de categorías de análisis junto con los indicadores que serán tenidos en cuenta al realizar, y la sexta fase considera las reglas que se tendrán en cuenta al momento de realizar los recuentos de la aparición de los códigos en el texto. Las fases finales consideradas incluyen la categorización de los textos a ser analizados, el preanálisis y la exploración en profundidad de éste, para llegar a la reducción de los datos en etapas descriptivas, de inferencia y de interpretación de los códigos encontrados para llegar a concluir según los objetivos propuestos construyendo una teoría que explique el contenido analizado.

Un ejemplo del uso del AC documental fue presentado por Salinas y Pérez (2023), quienes realizaron una recopilación de publicaciones para conocer la manera en que la pandemia de COVID-19 impactó en las prácticas educativas en Química. Encontraron que se implementaron diferentes innovaciones en las aulas tales como el uso de laboratorios remotos o la inclusión de estrategias de gamificación, mientras que también lograron señalar que las principales limitaciones estuvieron en torno a la falta de acceso y conectividad a internet, la complejidad en las evaluaciones remotas y la modificación en las interacciones entre estudiantes y también con el equipo docente.

Teoría Fundamentada y método comparativo constante

La teoría fundamentada (TF) fue inicialmente propuesta por Glaser y Strauss (1967) y suele ser principalmente asociada con la investigación cualitativa. Esta metodología

propone construir una teoría a partir de los datos, lo que implica que, a diferencia del enfoque tradicional de probar hipótesis basadas en marcos teóricos preexistentes, al plantear una investigación siguiendo la TF, el equipo de investigación se enfoca en desarrollar una nueva teoría que se construye a partir de los datos analizados. El objetivo que persigue la TF es construir un corpus teórico a partir de la inducción que surge del análisis de los datos empíricos obtenidos.

De la lectura de este conjunto de datos a ser analizados, surgen códigos y categorías emergentes, que permiten realizar una teorización sobre el fenómeno a estudiar. Por su parte, esta categorización, configura una base de datos plausible de ser estudiada aplicando diferentes tipos de análisis, estadísticos, por ejemplo. Debido a que la teoría construida a partir de utilizar TF como estrategia metodológica guarda una estrecha relación a la recolección y el análisis de los datos, puede lograr una mayor similitud a la realidad estudiada que cuando se sigue el abordaje tradicional (Strauss & Corbin, 1991). Es entonces que, la codificación y la categorización forman parte esencial en el proceso del análisis de los datos en la TF. La codificación consiste en asignar etiquetas breves que emergen de la lectura e interpretación de los datos, permitiendo organizar la información de manera sistemática. Existen diferentes estilos y maneras de realizar la codificación, dentro de estas pueden mencionarse algunas estrategias tales como línea por línea, párrafo por párrafo o incidente por incidente, asignando a cada unidad un código que la vincula con una categoría específica. Estos códigos pueden representarse mediante números, colores o palabras, según el criterio del equipo de investigación. En este proceso, se identifican fragmentos del texto que expresan ideas temáticas relevantes y se asignan a un código que sintetiza ese significado. Una de las dificultades de la codificación es evitar quedarse en un nivel puramente descriptivo; el objetivo es avanzar hacia un análisis que permita desarrollar explicaciones teóricas a partir de los relatos estudiados. Para ello, se comparan las narraciones dentro de un mismo código, examinando sus variaciones en distintos casos y en relación con otras codificaciones. A partir de esta organización, los códigos se agrupan en categorías, que reflejan elementos clave del fenómeno analizado, como situaciones, contextos, prácticas, interacciones o perspectivas sobre un problema. La categorización, entonces, consiste en estructurar estos códigos en un esquema más amplio que facilite la interpretación y construcción teórica a partir de los datos empíricos (Gibbs, 2018).

La TF propone utilizar el método comparativo constante, que consiste en codificar y analizar datos de manera simultánea y cíclica hasta alcanzar la saturación, permitiendo la elaboración de conceptos que den lugar a la construcción teórica (Prato, 2011). Este método, desarrollado por Glaser y Strauss (1967) y retomado posteriormente por Strauss y Corbin (1991), se basa en la comparación sistemática de los datos con el fin de identificar similitudes y diferencias en la información obtenida. Su implementación implica un análisis en espiral, en el cual la recolección de datos y su análisis ocurren de manera interdependiente, sin la aplicación previa de categorías teóricas predefinidas. La comparación constante se lleva a cabo a través de tres niveles progresivos de codificación: la codificación abierta, la codificación axial y la codificación selectiva. La primera etapa, la codificación abierta, consiste en examinar minuciosamente los datos, segmentarlos y asignarles códigos preliminares, registrando sus propiedades y dimensiones mediante anotaciones (Charmaz, 2007, Flick, 2012). A partir de esta primera clasificación, se avanza hacia la codificación axial, en la que se establecen relaciones entre categorías y subcategorías, organizando la información en estructuras conceptuales más complejas (Strauss y Corbin, 1991). Finalmente, en la codificación selectiva, se identifica una categoría central que integra y articula el análisis, proporcionando un marco teórico emergente que condensa los hallazgos de la investigación (García, 2019). Este proceso permite construir teoría de manera inductiva, asegurando que el análisis se mantenga fiel a los datos empíricos y al significado expresado por los sujetos investigados.

Russell y Weaver (2008) utilizaron la TF para conocer las percepciones que tenía un grupo de estudiantes sobre el laboratorio de Química. Para ello, realizaron entrevistas semiestructuradas a 13 estudiantes, cuyas respuestas fueron luego categorizadas mediante herramientas de TF. Pudieron encontrar tres categorías principales: la autoridad de la guía de laboratorio (indicando que la misma funciona como una verdad absoluta que moldea la ciencia a ser aprendida); las y los estudiantes como aprendices visuales y de movimiento (haciendo referencia a la necesidad de observar en carne propia lo que sucede en el laboratorio) y la conexión que existe entre la clase teórica y la de laboratorio (encontrando discrepancias entre las opiniones de las personas participantes). El estudio, a partir del análisis de los datos, concluye que las y los estudiantes perciben el laboratorio principalmente como un espacio para completar procedimientos prescritos siguiendo una guía preestablecida, sin integrar la teoría ni

desarrollar habilidades científicas o de resolución de problemas. La visión mecanicista de la actividad de laboratorio, orientada a obtener un resultado predefinido y cumplir con los requisitos del cursado, puede generar un desfasaje entre los objetivos de propuestos por las y los docentes y las expectativas de las y los estudiantes. Para reducir esta brecha, los autores sugieren explicitar los propósitos del laboratorio antes de su realización, promoviendo un aprendizaje más reflexivo y exploratorio.

Triangulación

La triangulación puede ser definida como el uso y la combinación de diferentes metodologías de investigación en el estudio de un mismo objeto de estudio (Denzin, 2009). A fin de promover rigurosidad y autenticidad en los resultados de investigación, tal como indican Aguilar Gavira y Barroso Osuna (2015), pueden realizarse diferentes triangulaciones, dentro de las cuales se pueden distinguir: triangulación de datos, triangulación de investigadores, triangulación teórica y triangulación metodológica.

La triangulación de datos implica recopilar información sobre el fenómeno estudiado en diferentes momentos, lugares o de diferentes personas, a fin de obtener una visión más completa y evitar sesgos metodológicos asociados a una única fuente. Lo que permite contrastar y corroborar la información conseguida.

En la triangulación de investigadores, los datos son procesados por lo menos por dos personas de manera independiente con una posterior puesta en común. De esta manera se establecen consensos sobre lo analizado y se discuten los disensos hasta lograr acuerdos, muchas veces con la incorporación de un tercer investigador.

La triangulación teórica hace referencia al uso de múltiples marcos teóricos para la interpretación de los datos, buscando realizar una comprensión más profunda y en múltiples dimensiones del objeto de estudio.

Por otro lado, dentro de la triangulación metodológica, se pueden considerar la triangulación de las estrategias tanto para la recogida de datos, como para su análisis (Hernández Sampieri *et al.*, 2010). Es decir, la triangulación de datos y la triangulación de análisis implican el abordaje de la investigación considerando múltiples miradas y su análisis utilizando diferentes lentes.

Cada metodología aplicada implicar construir diferentes conclusiones parciales y pueden ampliarse, compararse, ratificarse o rectificarse entre sí. De esta manera, se

abona a la construcción de una descripción holística de la práctica educativa como sistema complejo que permita comprenderlo e interpretarlo en profundidad.

En esta tesis se retomaron herramientas provenientes del AC y de la TF para examinar el discurso de docentes y el contenido de documentos institucionales vinculados a la enseñanza de la química en el laboratorio. Si bien se recuperaron aportes teóricos del AD en el aula, especialmente en lo referido a las prácticas educativas en clases de laboratorio, el abordaje metodológico se orientó a la codificación, categorización e interpretación cualitativa de los datos. Según las características de cada estudio, se incorporaron estrategias de triangulación de datos, metodológica, de investigadores y teórica, con el fin de enriquecer la interpretación y fortalecer la validez de los resultados. En conjunto, estos marcos posibilitaron un análisis riguroso y en profundidad del CDC en contextos reales de enseñanza. En el apartado siguiente se presentan las estrategias específicas empleadas para documentar dicho conocimiento a lo largo de los estudios desarrollados en esta tesis.

3.2.4 Estrategias para la documentación del CDC

El CDC ha sido descripto como un conocimiento múltiple, sistémico y dinámico, altamente dependiente del conocimiento de la disciplina, cuya representación interna está en permanente redescrición y en estrecha relación con la transformación de otros tipos de conocimiento (Abell, 2008), por lo que su captura y registro representa desafíos para su investigación.

Loughram *et al.* (2004) presentaron uno de los métodos más difundidos para la investigación y documentación del CDC. Éste consiste en la utilización de dos instrumentos que permiten recabar tanto teorías expuestas como en uso: la *Representación del Contenido* (ReCo) y los *Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica o Inventarios* (RePyPs). El primero consiste en un cuestionario de respuestas abiertas con el cual es posible investigar el CDC de las ideas centrales que las y los docentes encuestados consideran fundamentales en la enseñanza sobre un tópico particular (tabla 15). La ReCo constituye al mismo tiempo un instrumento para entrevistar a grupos de docentes e indagar sus conocimientos como para representarlos, ya que el investigador hace una síntesis de los cuestionarios llevados a cabo (Loughran

et al., 2006). El segundo instrumento, considera la práctica áulica de un contenido particular de la enseñanza complementando la información suministrada por la ReCo. Allí, el equipo de investigación recopila datos para la descripción y caracterización del CDC mediante descripciones realizadas por las y los propios docentes participantes de los estudios, entrevistas y/u observaciones de clases, luego los datos obtenidos son presentados a las y los docentes investigados para la validación de la interpretación realizada por el equipo investigador.

Tabla 15. Instrumento ReCo sobre una idea central investigada propuesta por
Loughram *et al.* (2004)

1	¿Qué es lo que intenta que sus estudiantes aprendan sobre esta idea?
2	¿Por qué es importante para los estudiantes aprender sobre esto?
3	¿Qué otra cosa sabe usted sobre la idea central? (Que no intenta que sus estudiantes aprendan todavía)
4	Enuncie dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea
5	¿Qué conocimiento sobre la forma de pensar de sus alumnos influyen sobre su forma de enseñar esta idea?
6	¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de esta idea?
7	¿Qué estrategias docentes (y razones particulares para usarlas en la enseñanza de esta idea) utiliza?
8	¿Qué formas específicas emplea para evaluar la comprensión o confusión de sus estudiantes sobre esta idea?

Las preguntas de la ReCo permiten indagar sobre los diferentes dominios del CDC sobre una idea central, en la tabla 16 se indica las preguntas que abordan los conocimientos que tienen las y los docentes relacionados a la enseñanza, el currículo, el aprendizaje, los modelos didácticos y la evaluación sobre un tema específico.

Tabla 16. Clasificación de las preguntas de la ReCo en función de los dominios del CDC propuesta por Loughram *et al.* (2004)

Dominios del CDC	Pregunta de la ReCo
Conocimiento sobre la enseñanza	4 y 6
Conocimiento sobre el currículo	1, 2 y 3
Conocimiento sobre el aprendizaje	4 y 5
Conocimiento sobre los modelos didácticos	7
Conocimiento sobre la evaluación	8

En el contexto latinoamericano esta metodología fue desarrollada ampliamente por Garritz y sus colaboradores (Castro & Padilla, 2017, Garritz & Velasco, 2006, Hamud González & Padilla, 2023, Padilla *et al.*, 2008), quienes han realizado modificaciones en la implementación de esta metodología, su adaptación al idioma español y la utilización de la ReCo como herramienta para la indagación de aspectos metacientíficos y enfoques de enseñanza relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Por otra parte, es habitual que el estudio del CDC se realice con la participación docentes que desempeñan nivel secundario realizando capacitaciones con el equipo de investigación o bien en estudiantes del profesorado realizando sus prácticas docentes (Gess-Newsome *et al.*, 2017, Stender *et al.*, 2017). Las investigaciones que abordan la documentación del CDC de docentes en el nivel universitario con amplia experiencia docente son menores.

En el desarrollo de la presente tesis, se avanza en la implementación del AD como herramienta metodológica para la documentación del CDC en particular para docentes universitarios, complementando los aspectos de la metodología tradicional (Farré & Lorenzo, 2009a, Farré & Lorenzo, 2014a, Farré & Lorenzo, 2014b, Lorenzo & Farré, 2009).

Análisis del discurso y la Representación del Contenido

Como fuera mencionado en el apartado correspondiente, el AD ha sido ampliamente utilizado en el estudio de la comunicación en contextos educativos, ya que permite examinar tanto la estructura de la participación en el aula como los procesos de

construcción del conocimiento y la intencionalidad pedagógica de la o del docente. La comunicación en clase, caracterizada por su asimetría, se estructura en torno a la figura de la o del profesor, quien regula los turnos de habla y orienta el proceso de enseñanza. Esto es especialmente evidente en el nivel superior, donde predomina la clase magistral y el discurso docente adquiere una función central en la transmisión y apropiación de conocimientos. Desde esta perspectiva, el lenguaje no solo representa el contenido a enseñar, sino que también opera como un mecanismo de regulación social y cognitiva en el aula. En el caso específico de las ciencias naturales, el AD ha permitido identificar el conocimiento legitimado en clase y la orientación epistemológica que subyace en su enseñanza. Sin embargo, Lorenzo y Farré (2009a) emplearon herramientas del AD para documentar y analizar el CDC, lo que ofrece ventajas metodológicas que lo hacen particularmente adecuado para este propósito.

En primer lugar, el AD posibilita un análisis exhaustivo del discurso docente sin restricciones temporales ni limitaciones en la perspectiva de abordaje. Gracias a su flexibilidad, es posible realizar múltiples lecturas del mismo texto con diferentes categorías de análisis, involucrar q varias o varios investigadores en la interpretación de los datos y garantizar un control epistemológico sobre el proceso analítico. A través de este enfoque, se puede reconstruir el modo en que se organiza y transmite el conocimiento en el aula, haciendo visibles tanto las estrategias didácticas como la representación de los roles de docentes y estudiantes en la interacción discursiva. En segundo lugar, el AD permite trascender la información explícita obtenida mediante instrumentos más tradicionales, como las encuestas o entrevistas, documentando de manera más precisa las teorías implícitas que guían la práctica docente. En tercer lugar, ofrece la posibilidad de realizar un análisis en profundidad mediante la triangulación con otros datos, como observaciones de clase o materiales de enseñanza. Finalmente, una de sus principales ventajas es que no interfiere con la dinámica natural del aula, ya que el análisis se lleva a cabo *a posteriori*, sin alterar la interacción docente-estudiante ni modificar las estrategias pedagógicas en el momento de la enseñanza.

Dado que, en esencia, la enseñanza es un acto comunicativo, el AD resulta una herramienta metodológica versátil y aplicable a cualquier asignatura o nivel educativo. La única condición para su implementación efectiva es que la o el investigador tenga el conocimiento necesario para interpretar el contenido disciplinar en cuestión. Así, el AD se posiciona como una metodología clave para documentar el CDC, ya sea como un

enfoque central de análisis o en complemento con otras estrategias de investigación en educación.

Es entonces que, estas investigadoras han utilizado herramientas del AD en consonancia con el cuestionario propuesto por Loughram *et al.* (2004), el cual es completado por el investigador a partir del análisis de las transcripciones del discurso áulico. Las preguntas de la ReCo son respondidas a partir de la interpretación de los textos orales, permitiendo reconstruir el CDC presente en la enseñanza. En la tabla 17, se detallan los diferentes indicadores que han sido utilizados por estas investigadoras para poder responder cada una de las preguntas y la manera en que puede llevarse a cabo este análisis.

Tabla 17. Clasificación de las preguntas de la ReCo en función de los dominios del CDC. Adaptada de Farré y Lorenzo (2014a).

Pregunta de la ReCo	Indicadores en el discurso docente
1 ¿Qué es lo que intenta que sus estudiantes aprendan sobre esta idea?	<ul style="list-style-type: none"> - Patrones temáticos, ¿En qué se hace hincapié? - Uso del lenguaje científico - Representaciones utilizadas para enseñar el tema - Referencias a los distintos niveles representacionales de la Química y a la Naturaleza de la Ciencia
2 ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender sobre esto?	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son los propósitos de la enseñanza? - Relación con otras ideas centrales - Relación de la idea central con otros cursos / vida cotidiana / profesión
3 ¿Qué otra cosa sabe usted sobre la idea central? (Que no intenta que sus estudiantes aprendan todavía)	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de la historia de la ciencia - Referencia a la investigación científica - Validación del conocimiento (papel de la observación, del experimento, del científico, métodos)
4 Enuncie dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de diferentes aproximaciones (analogías, metáforas, ejemplos) para enseñar una misma idea central - Llamados de atención, reiteraciones - Cantidad, calidad, interrelaciones, modos del discurso
5 ¿Qué conocimiento sobre la forma de pensar de sus alumnos influyen sobre su forma de enseñar esta idea?	<ul style="list-style-type: none"> - Concepciones del aprendizaje: rol de los estudiantes (conocimientos previos, errores, motivación) - Cercanía o distancia impuesta en la interacción docente-estudiante - Consejos sobre las estrategias o formas de aprender
6 ¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de esta idea?	<ul style="list-style-type: none"> - Rol del propio docente (referencias al contexto / institución / colegas) - Estructura y gestión del tema (títulos, objetivos, reformulaciones, resúmenes y otros enlaces retóricos)
7 ¿Qué estrategias docentes (y razones particulares para usarlas en la enseñanza de esta idea) utiliza?	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategias didácticas para presentar las ideas centrales - Actos del habla - Objetivos comunicacionales
8 ¿Qué formas específicas emplea para evaluar la comprensión o confusión de sus estudiantes sobre esta idea?	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de preguntas, tareas - Tipos de evaluación - Climas de clase

Hasta aquí se han expuesto los marcos metodológicos que dan sustento a la metodología de la presente tesis que será desarrollada más adelante. En el siguiente apartado, se describe el contexto general en el cual se llevó a cabo esta investigación.

3.3 Contexto: La enseñanza en el laboratorio de QI de la FBCB-UNL

Esta tesis consideró para su estudio las clases prácticas universitarias desarrolladas en un laboratorio de Química universitaria. Durante el período 2015-19 se recolectó información sobre clases presenciales en el laboratorio y durante el 2020, información sobre clases no presenciales realizadas de manera remota debido a la emergencia sanitaria de COVID-19.

La investigación se llevó a cabo en la FBCB de la UNL, República Argentina. Las clases estudiadas corresponden a la asignatura QI del primer año de estudios de las carreras de grado de Bioquímica, Licenciatura en Biotecnología, Licenciatura en Saneamiento Ambiental y Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo y de las carreras de pregrado de Tecnicatura en Higiene y Seguridad Laboral y Tecnicatura Universitaria en Salud Ambiental.

En la sección 1.4, se describió un marco general de la asignatura cuyas clases fueron visitadas, las características generales del DQGI y también se incluyó una breve reseña de la FBCB de la UNL. En la tabla 4, se presentó el programa de los TPL de la QI para el período relevado.

Las clases presenciales se desarrollaban en dos encuentros semanales en el laboratorio del DQGI, uno de tres horas y otro de tres horas y media de duración, donde se realizaban actividades de resolución de problemas y actividades experimentales de laboratorio. Estas clases eran denominadas por el equipo docente como clases integrales.

Las clases virtuales se desarrollaron mediante la plataforma Zoom con una duración de dos horas, en donde se presentaban aspectos experimentales a través de la visualización de videos grabados previamente por el equipo docente.

En esta sección, se presentan las características generales de los sujetos participantes de la investigación. En primer lugar, los perfiles docentes del DQGI que se encontraban a cargo de las clases de laboratorio y virtuales. En segundo lugar, aspectos relacionados al estudiantado que cursa las carreras mencionadas anteriormente. Por último, se explicitan

la selección de contenidos que de las clases que fueron analizadas en los diferentes estudios llevados adelante en la presente tesis.

3.3.1 El equipo docente participante

En la presente tesis, se estudiaron las prácticas educativas en el laboratorio mientras diferentes docentes desarrollaban clases en ese contexto. Las y los docentes participaron voluntariamente, permitiendo gentilmente que se registre su voz en audigrabador y se observen sus clases durante el desarrollo del cursado completo de la asignatura QI. Además, participaron en tareas de lápiz y papel individuales que fueron recolectadas al finalizar el período observado.

En la tabla 18, se presentan datos de las y los docentes participantes recabados durante la aplicación de la tarea de lápiz y papel mencionada. A fin de mantener la confidencialidad, se renombró a las y los docentes como D1 al D15 omitiendo así los nombres reales de las y los participantes. Se consideraron tres niveles de acuerdo con la categoría docente, asignando al nivel 1 la mayor jerarquía. En cuanto a su formación profesional, la mayoría de ellas y ellos son graduados de carreras donde la Química forma parte central de la currícula, o estudiantes de dichas carreras (Bioquímica, Licenciatura en Biotecnología, en Saneamiento Ambiental o Profesorado en Química). En la tabla se incluyen datos sobre su formación de posgrado, si contaban con capacitación en la docencia y si realizaban tareas de investigación al momento de la realización de este estudio.

Tabla 18. Perfil general de los docentes participantes

Docente	Nivel de la categoría docente	Género	Años de ejercicio	Formación posgrado	Capacitación en docencia	Investiga
D1*	1	M	37	Sí	Sí	Sí
D2*	1	M	19	Sí	No	Sí
D3	1	F	35	Sí	Sí	Sí
D4	1	F	30	Sí	Sí	Sí
D5	1	F	32	Sí	Sí	Sí
D6	2	F	4	No	No	No
D7	2	M	2	Sí	No	Sí
D8	2	M	5	No	Sí	Sí
D9	2	M	14	No	No	Sí
D10	2	M	8	Sí	Sí	No
D11	2	F	4	No	No	Sí
D12	3	F	2	No	No	No
D13	3	F	1	No	Sí	No
D14	3	F	1	No	No	No
D15	3	F	1	No	No	No

* Autores de las guías de actividades para docentes y estudiantes

3.3.2 El estudiantado

En las clases observadas participaban estudiantes de diferentes carreras universitarias de la FBCB-UNL. El estudiantado se encontraba cursando una asignatura del primer año de estudios alguna de las carreras mencionadas al inicio de esta sección. Al mismo tiempo, la mayoría se encontraba cursando Matemática II / Análisis Matemático y Biología General, asignaturas también del primer año de estudios.

El estudiantado presentaba las mismas características que las informadas en el estudio de Odetti *et al.* (2010) y se considera representativo del resto de las y los cursantes de las clases no observadas. El mismo poseía una distribución mayoritaria de mujeres (60%). El 90% poseía una edad entre 18 y 19 años. Respecto a la procedencia, un 59% era de la Provincia de Santa Fe y un 23% de la Provincia de Entre Ríos. Por otra parte, un 94% no trabajaba.

3.3.3 Selección de los tópicos - Clases elegidas

A fin de estudiar y describir la manera en que se enseñan las actividades experimentales en el laboratorio de QI se visitaron tres comisiones durante todo un ciclo lectivo a fin de que la presencia del observador pase desapercibida.

En un primer análisis, cuya metodología se presenta en el Estudio I-B, se seleccionaron una clase del inicio, una de mediados y una del final de cuatrimestre. Los contenidos abordados y las actividades experimentales en esas tres clases se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Clases y temas analizados

Momento	Contenido
Inicial	Hidrógeno y Oxígeno
Mediados	Azufre
Final	Complejos: Teoría del Enlace de Valencia

Por otra parte, se seleccionaron dos tipos de clases para realizar un análisis en profundidad atendiendo a un estudio de caso. El primero de ellas, desarrollada en el laboratorio, respondía a las características típicas del resto de las clases presenciales y contaba con un equipo docente conformado por dos docentes con mucha experiencia (D1 y D4) y una docente novel de 2 años de experiencia (D11). En dos clases de este tipo se desarrollaron los contenidos de la familia química del Nitrógeno en el laboratorio. Mientras que, para estudiar la manera en que se desarrollaron los contenidos relacionados a lo experimental y los ajustes necesarios realizados en la virtualización de emergencia debido a la pandemia de COVID-19, se observó una clase virtual correspondiente al tópico química del Hidrógeno y Oxígeno. Esta clase virtual estuvo a cargo de dos docentes con mucha experiencia (D1 y D2), un docente con mediana experiencia (D8) y una docente novel (D14). Los análisis de estas clases se corresponden a la metodología del III-A y III-B respectivamente.

Las clases analizadas en la presente tesis comprenden una parte del programa de la asignatura y su elección fue intencional para asegurar que sean representativas. En la tabla 20 se transcriben los contenidos del programa de QI correspondiente a las clases analizadas: los contenidos de Hidrógeno y Oxígeno se encontraban en la parte “2-1

Química de los elementos Hidrógeno y Oxígeno” a), los contenidos de Nitrógeno se encontraban en la parte “2-2 Química de los elementos del bloque p c) Grupo 15. Nitrógeno, Fósforo y Arsénico, d) Grupo 16. Azufre” y los contenidos de Complejos en la parte “3-2 Química de los elementos del grupo d”.

La parte 1 del programa “Fundamentos” y la parte 4 “Bioinorgánica” o “Introducción a la Química ambiental” (dependiendo de la carrera) no poseían desarrollo de actividades experimentales en el laboratorio, por lo que no fueron consideradas para el análisis.

Tabla 20. Parte del programa de la asignatura QI correspondiente a los contenidos de las clases analizadas en profundidad

PARTE 2: NO METALES

2-1 QUÍMICA DEL LOS ELEMENTOS HIDRÓGENO Y OXÍGENO

a) Hidrógeno:

Estado natural. Abundancia. Isótopos. Variedades alotrópicas. Propiedades. Obtención de laboratorio. Usos. Distintos estados de oxidación y sus compuestos más importantes. Propiedades. Obtención y aplicaciones.

b) Oxígeno:

Estado natural. Abundancia. Isótopos. Variedades alotrópicas. Propiedades. Obtención de laboratorio. Usos. Distintos estados de oxidación y sus compuestos más importantes. Propiedades. Obtención y aplicaciones.

2-2 QUÍMICA DE LOS ELEMENTOS DEL BLOQUE P

a) GRUPO 13. Boro. b) GRUPO 14. Carbono, Silicio, Estaño, Plomo. c) GRUPO 15. Nitrógeno, Fósforo, Arsénico. d) GRUPO 16. Azufre. e) GRUPO 17. Halógenos

Estado natural. Abundancia. Isótopos. Variedades alotrópicas. Propiedades. Obtenciones de laboratorio. Usos. Distintos estados de oxidación y sus compuestos más importantes. Propiedades. Obtención y aplicaciones.

PARTE 3: METALES

3-2 QUÍMICA DE LOS ELEMENTOS DEL BLOQUE D

b) Química de coordinación.

Introducción. Nomenclatura. Estructura de los compuestos de coordinación. Formas de enlace en los compuestos de coordinación. Teoría del enlace de valencia. Teoría del campo cristalino: forma de los orbitales, con distorsión tetragonal y plano cuadrado. Campos tetraédricos. Energías y factores que afectan a la magnitud de las energías de desdoblamiento del campo cristalino. Propiedades magnéticas. Mecanismos de reacción. Aplicaciones.

Hasta aquí se presentó el contexto en el que se desarrolló la investigación: el espacio institucional, las características del equipo docente, el perfil del estudiantado y los contenidos de las clases analizadas. Lo que permitió situar el objeto de estudio y orientar las decisiones metodológicas que guiaron el desarrollo de cada uno de los estudios.

A continuación, se detalla la metodología específica empleada en cada caso, en diálogo con los objetivos de esta tesis.

3.4 Metodología

La presente tesis se estructura en torno a tres grandes objetivos, cada uno de los cuales dio lugar al diseño de un estudio dividido en dos subestudios. En la figura 15 se esquematizan los objetivos de investigación y sus estudios correspondientes. Esta organización responde a una lógica metodológica de tipo espiralada y progresiva, que permite abordar el objeto de estudio, la enseñanza de la Química en clases prácticas de laboratorio en la universidad, desde distintos niveles de generalidad, profundidad y enfoque analítico.

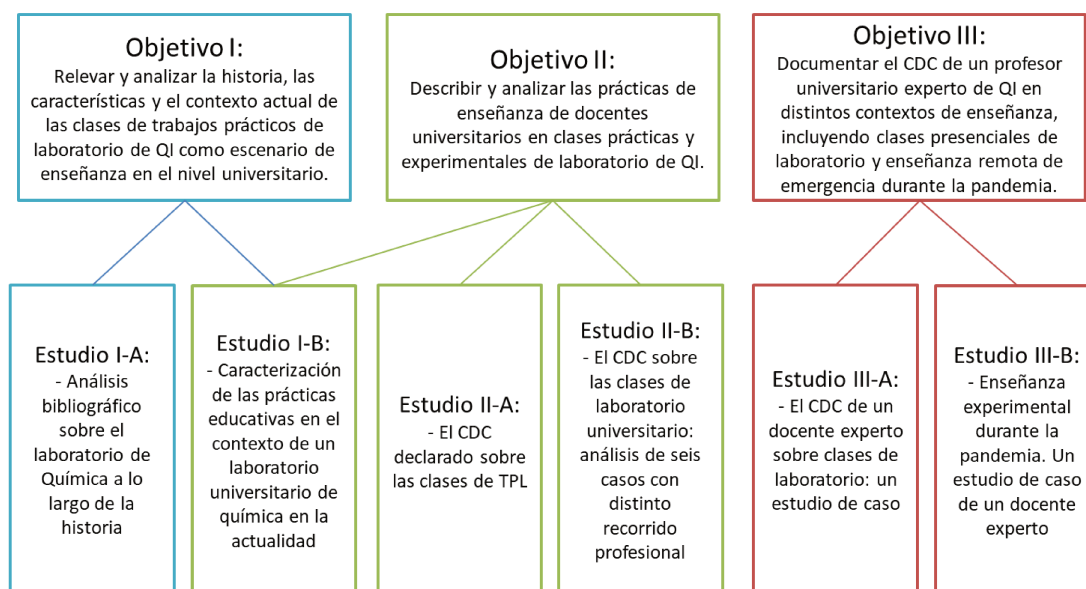


Figura 15. Objetivos de la presente tesis y su relación con los estudios desarrollados.

Primer giro: contextualización histórica e institucional (Objetivo I)

En una primera instancia, el foco se situó en el contexto general de los TPL, tanto desde una perspectiva histórica como institucional. Este primer giro de la espiral permitió

delimitar el lugar del laboratorio en la enseñanza de la Química a lo largo del tiempo y caracterizar las clases prácticas de la asignatura QI en una universidad pública argentina.

- Estudio I-A: Estudio bibliográfico sobre la historia del laboratorio como dispositivo pedagógico y científico.
- Estudio I-B: Estudio documental y observacional sobre las clases de laboratorio de QI.

Este primer nivel ofreció una base para comprender las condiciones materiales, curriculares y epistemológicas en las que se inscribe el trabajo de las y los docentes universitarios en el laboratorio.

Segundo giro: caracterización del CDC docente (Objetivo II)

El segundo giro de la espiral se centró en documentar el CDC colectivo que las y los docentes universitarios ponen en juego en las clases prácticas. En esta etapa, se articuló el análisis del CDC declarado por las y los docentes con el CDC en acción, a partir de observaciones de clase.

- Estudio II-A: El CDC declarado sobre las clases de TPL.
- Estudio II-B: El CDC sobre las clases de laboratorio universitario: análisis de seis casos con distinto recorrido profesional.

Este segundo nivel permitió identificar patrones, tensiones y desigualdades en la distribución del CDC al interior del equipo docente, en el marco de lo que denominamos una “coreografía del laboratorio”: un entramado jerárquico de funciones, saberes y decisiones pedagógicas que configuran la enseñanza en este espacio.

Tercer giro: estudio de caso de un docente experto (Objetivo III)

El tercer giro de la espiral implicó un enfoque especial: se eligió trabajar en profundidad sobre un único caso, el de un docente altamente reconocido por su trayectoria, conocimiento disciplinar y centralidad en el equipo. Este giro busca descomponer con más detalle las prácticas, el discurso y las decisiones didácticas de un referente clave.

- Estudio III-A: El CDC de un docente experto sobre clases de laboratorio: un estudio de caso.
- Estudio III-B: Enseñanza experimental durante la pandemia. Un estudio de caso de un docente experto.

Este nivel permitió analizar no solo la continuidad del CDC personal en distintos formatos, sino también los procesos de adaptación, las estrategias comunicativas y la persistencia de ciertos rasgos de la enseñanza disciplinar aún en condiciones excepcionales.

La lógica que organiza esta tesis es, en efecto, la de una espiral metodológica: se parte de una mirada amplia y contextual (historia, guías, materiales), se avanza hacia la caracterización del CDC colectivo docente, y finalmente se profundiza el CDCp de un caso representativo. En cada giro, se conservan elementos del anterior, pero se incorporan nuevos niveles de complejidad y análisis. Esta estructura permite construir una imagen rica, situada y críticamente informada sobre las prácticas de enseñanza en el laboratorio.

A continuación, se detallan las unidades de análisis consideradas y las variables estudiadas en los diferentes estudios realizados, para luego desarrollar la metodología de cada uno de los estudios llevados adelante.

Unidades de análisis

Las unidades de análisis de la presente tesis incluyeron diferentes tipos de fuentes, entre ellas: los materiales didácticos entregados por las y los profesores a sus estudiantes para acompañar el desarrollo de las clases; las guías utilizadas por las y los docentes para planificar y conducir las actividades; las transcripciones de sus intervenciones en el discurso del aula, enriquecidas mediante observación participante pasiva; y las respuestas a cuestionarios aplicados en forma de tareas de lápiz y papel.

Variables de la investigación:

Se consideraron las siguientes variables:

- Variables situacionales de la o del docente: género, nivel de experiencia docente, formación pedagógica, actuación como investigadora o investigador científico.
- Variables independientes: i) tipo de clase: a) clase integrada de laboratorio, b) clase virtual; ii) tipo de discurso: a) oral, b) escrito, c) multimedial.
- Variables dependientes: producciones orales y escritas (discurso) de las o los profesores en clase.

3.4.1 Estudio I: El laboratorio de enseñanza de Química

Este estudio abordó aspectos vinculados principalmente al objetivo I de esta tesis, orientado a relevar la historia y las características del laboratorio como escenario de enseñanza de la Química, y también aportó elementos relevantes para el cumplimiento del objetivo II, centrado en el análisis de las prácticas educativas desarrolladas en ese contexto. El interés estuvo puesto en comprender cómo se ha configurado el laboratorio como espacio pedagógico a lo largo del tiempo, así como en describir las formas que asume en la enseñanza universitaria actual.

Para alcanzar este objetivo, se diseñó un estudio dividido en dos partes complementarias. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión bibliográfica centrada en la evolución del laboratorio como dispositivo didáctico en la enseñanza de la química, con el propósito de reconstruir sus principales momentos, sentidos y contradicciones a lo largo del tiempo. En segundo lugar, se realizó un análisis documental y observacional de las clases prácticas desarrolladas en el laboratorio de QI, lo que permitió describir sus características actuales y establecer relaciones con los marcos institucionales, curriculares y profesionales en los que se inscriben.

a) Estudio I-A: El laboratorio de química a lo largo de la historia

Este estudio aborda el Objetivo I de la presente tesis: relevar y analizar la historia, las características de las clases de TPL como escenario de enseñanza a lo largo del tiempo. Para ello, se llevó adelante un análisis documental de fuentes secundarias y terciarias a través de una búsqueda bibliográfica.

Objetivos específicos del estudio I-A:

- Revisar el lugar que ocupa la enseñanza de la química en el laboratorio en la literatura específica.
- Reconstruir el recorrido histórico que siguieron las actividades de laboratorio hasta ser incluidas como recursos en las prácticas educativas de química de acuerdo con la bibliografía.
- Identificar las características de los primeros TPL de química.
- Indagar los modelos pedagógicos subyacentes en las diferentes épocas.

Metodología del estudio I-A

Se aplicó una metodología cualitativa, de carácter exploratorio y descriptivo, a partir de una búsqueda bibliográfica. Para ello, se siguieron las etapas propuestas por Gomez-Luna *et al.*, (2014):

- a) definición del problema;
- b) búsqueda de información, la cual utilizó una doble estrategia, utilizando:
 - i) palabras clave específicas en buscadores bibliográficos académicos disponibles en Internet,
 - ii) en la base de datos de revistas específicas;
- c) organización de la información; y
- d) análisis de la información.

Las palabras clave utilizadas en los motores de búsqueda fueron: *trabajos prácticos, prácticas experimentales, historia del laboratorio, historia de la química* y sus distintas combinaciones. En una primera etapa, se consideraron el título y el resumen de cada trabajo, utilizando como criterio de selectividad que el abordaje estuviera centrado en el laboratorio como escenario particular para la enseñanza y el aprendizaje de la química a lo largo del tiempo. Además, se incorporaron trabajos identificados a partir del relevamiento de las referencias bibliográficas contenidas en los artículos y capítulos inicialmente seleccionados, especialmente aquellos citados de manera reiterada o que constituían antecedentes significativos para la temática abordada.

Se utilizó el gestor bibliográfico Mendeley para organizar el material. Inicialmente, se recolectaron más de doscientos documentos entre artículos publicados en revistas científicas, capítulos de libros editados y trabajos sobre la historia de la ciencia disponibles en repositorios digitales. A partir de una primera lectura de títulos y resúmenes, se acotó la muestra a un conjunto más reducido de textos. Posteriormente, mediante una lectura en profundidad, se definió un corpus integrado por 34 artículos científicos y 13 capítulos de libros y 2 trabajos históricos publicados por fuera de esas categorías, lo que suma un total de 49 fuentes seleccionadas.

El detalle completo de las fuentes utilizadas en el Estudio I-A puede consultarse en las tablas 21, 22 y 23. La tabla 21 presenta las revistas científicas seleccionadas, organizadas por nombre, país de publicación, sitio web y cantidad de trabajos incluidos. La tabla 22 reúne los libros considerados en el análisis, indicando su título, país de

publicación y cantidad de capítulos relevados. Finalmente, la tabla 23 muestra la lista completa de la bibliografía analizada, organizada en orden cronológico de publicación, lo cual permite visualizar la evolución de los enfoques sobre el laboratorio a lo largo del tiempo.

Tabla 21. Fuentes seleccionadas: revistas científicas por nombre, país de publicación, sitio web y cantidad de trabajos incluidos

Fuente	URL	País	Cantidad
<i>Ambix</i>	http://www.tandfonline.com/loi/yamb20	Reino Unido	7
<i>Annals of Science</i>	http://www.tandfonline.com/loi/tasc20	Reino Unido	2
<i>Anales de Química</i>	https://analesdequimica.es/	España	1
<i>Educación Química</i>	http://www.educacionquimica.info/	México	1
<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	http://ensciencias.uab.es/	España	1
<i>Industria y Química</i>	https://www.aqa.org.ar/index.php/ediciones/25-revista-i-q-contenido	Argentina	1
<i>Isis</i>	https://www.journals.uchicago.edu/journals/isis	Estados Unidos	1
<i>Journal of Chemical Education</i>	http://pubs.acs.org/journal/jceda8	Estados Unidos	9
<i>Mètode</i>	https://metode.es/	España	1
<i>Química Viva</i>	http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar	Argentina	1
<i>School & Society</i>	(sin acceso web activo)	Estados Unidos	1
<i>School Science Review</i>	https://www.ase.org.uk/resources/school-science-review	Reino Unido	1
<i>School Science and Mathematics</i>	https://onlinelibrary.wiley.com/journal/19498594	Reino Unido	2
<i>Science & Education</i>	https://link.springer.com/journal/11191	Países Bajos	2
<i>Studies in History and Philosophy of Science</i>	https://www.journals.elsevier.com/studies-in-history-and-philosophy-of-science	Reino Unido	1
<i>Revista Española de Documentación Científica</i>	https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc	España	1
<i>Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad</i>	https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/index	España	1

Tabla 22. Fuentes seleccionadas: libros editados por título, país de publicación y cantidad de capítulos analizados

<i>Editorial</i>	País	Cantidad de Capítulos incluidos
<i>Asociación Química Argentina</i>	Argentina	1
<i>Macmillan / AIP</i>	Reino Unido	4
<i>MIT Press</i>	Estados Unidos	6
<i>Wiley Blackwell</i>	Reino Unido	2

Tabla 23. Fuentes seleccionadas: bibliografía analizada organizada en orden cronológico de publicación

Referencia ordenada por año de publicación
Welch, W. H. (1895). Evolution of modern scientific laboratories. <i>Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution</i> , 494. https://library.si.edu/digital-library/book/annualreportofb1895smit
Harvey, N. A. (1922). Psychology of laboratory science. <i>School Science and Mathematics</i> , 22(6), 535-541. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1922.tb07101.x
Bowers, W. G. (1924). Some educational values in the laboratory. <i>Journal of Chemical Education</i> , 1(11), 205-209. https://doi.org/10.1021/ed001p205
Downing, E. R. (1924). The relative value of laboratory instruction. <i>School & Society</i> , 19, 769.
Powers, S. R. (1926). The teaching of chemistry in the early American schools. <i>School Science and Mathematics</i> , 24, s/p.
Vandervoort, A. M. (1930). Trends and tendencies in the teaching of chemistry in normal schools and teachers' colleges. <i>Journal of Chemical Education</i> , 7(2), 371-388. https://doi.org/10.1021/ed007p371
Fay, P. J. (1931). The history of chemistry teaching in American high schools. <i>Journal of Chemical Education</i> , 8, 1533-1562. https://doi.org/10.1021/ed008p1533
Hale, H. (1932). The history of chemical education in the United States from 1870 to 1914. <i>Journal of Chemical Education</i> , 9(4), 729-744. https://doi.org/10.1021/ed009p729
Newell, L. C. (1932). Chemical education in America from the earliest days to 1820. <i>Journal of Chemical Education</i> , 9(4), 677-695. https://doi.org/10.1021/ed053p402.2

Knox, W. W. (1936). The demonstration method of teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 13(4), 166–171. <https://doi.org/10.1021/ed013p166>

Filson, M. H. (1940). New trends in chemistry courses for teachers' colleges. *Journal of Chemical Education*, 17(10), 486. <https://doi.org/10.1021/ed017p486>

Meloy, C. R. (1953). Some trends in the teaching of general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 31(8), 424–425. <https://doi.org/10.1021/ed031p424>

Smeaton, W. A. (1954). The early history of laboratory instruction in chemistry at the Ecole Polytechnique, Paris, and elsewhere. *Annals of Science*, 10(3), 224–233. <https://doi.org/10.1080/00033795400200224>

Smeaton, W. A. (1966). The portable chemical laboratories of Guyton de Morveau, Cronstedt and Götting, *Ambix*, 13 (2), 84–91. <https://doi.org/10.1179/amb.2013.13.2.003>

Morrell, J. B. (1969). Practical Chemistry in the University of Edinburgh, 1799–1843,43. *Ambix*, 16(1–2), 66–80. <https://doi.org/10.1179/amb.1969.16.1-2.66>

Bradley, M. (1976). The facilities for practical instruction in science during the early years of the Ecole Polytechnique. *Annals of Science*, 33(5), 425–446. <https://doi.org/10.1080/00033797600200621>

Lock, R. (1988). A history of practical work in school science: experiments with apparatus and beliefs. *School Science Review*, 69(248), 51–57.

Fenby, D. V. (1989). The lectureship in chemistry and the chemical laboratory, University of Glasgow, 1747–1818. En: James, F. A. J. L. (Ed.) (1989). *The Development of the laboratory- Essays on the place of experiment in industrial civilisation*. Macmillan.

Fenby, G. A. (1989). Chemistry and medicine at Glasgow, 1747–1818. En: James, F. A. J. L. (Ed.) (1989). *The Development of the laboratory- Essays on the place of experiment in industrial civilisation*. Macmillan. (pp. 79–91).

Gee, B. (1989). Amusement chests and portable laboratories: practical chemistry in the nineteenth century. En: James, F. A. J. L. (Ed.) (1989). *The Development of the laboratory- Essays on the place of experiment in industrial civilisation*. Macmillan. (pp. 37–65).

James, F. A. J. L. (Ed.). (1989). *The Development of the Laboratory: Essays on the Place of Experiment in Industrial Civilization*. Macmillan.

Moffitt, M. (1993). El maravilloso libro mudo de la alquimia. *Revista Española de Documentación Científica*, 16(3), 277–286. <https://turia.uv.es/index.php/arslonga/article/download/11629/10976>

Pickering, M. (1993). The Teaching Laboratory through History. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 699–700. <https://doi.org/10.1021/ed070p699>

Cueto, M. (1994). Laboratory Styles in Argentine Physiology. *Isis*, 85, 228–246.

<https://doi.org/10.1086/356808>

Wilson, M. (1998). Pythagorean theory and Dionysian practice: the chemical music of ancient Greece. *Ambix*, 45(2), 73–89. <https://doi.org/10.1179/amb.1998.45.1.14>

Anderson, R. G. W. (2002). The archaeology of chemistry. En: F. L. Holmes y T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (pp. 139–157). MIT Press.

Crossland, M. (2002). Slippery substances: some practical and conceptual problems in the pre-Lavoisier study of gases. En: F. L. Holmes y T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (pp. 21–36). MIT Press.

Holmes, F. L. (2002). The evolution of Lavoisier's chemical apparatus. En: F. L. Holmes y T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (pp. 103–123). MIT Press.

Levere, T. H. (2002). Measuring gases and measuring goodness: precision and morals in the early chemistry of gases. En: F. L. Holmes y T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (pp. 37–59). MIT Press.

Newman, W. R. (2002). Alchemy, assaying, and experiment. En: F. L. Holmes y T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (pp. 7–20). MIT Press.

Principe, L. M. (2002). Apparatus and reproducibility in alchemy. En: F. L. Holmes y T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (pp. 61–74). MIT Press.

García-Belmar, A., Bertomeu Sánchez, J. R., & Bensaude-Vincent, B. (2005). The power of didactic writing: French chemistry textbooks of the nineteenth century. En: D. KAISER (ed.), *Pedagogy and the Practice of Science: Historical and Contemporary Perspectives*, MIT Press, 219–253. <https://www.uv.es/bertomeu/pub/Belmar-powerofdidactic-2005.pdf>

Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6 (num. Sup.), 1–13. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86309909.pdf>

van Beek, J. (2009). Experimental spaces outside the laboratory: chemistry sets and science education. *Studies in History and Philosophy of Science*, 40(2), 162–174. <https://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/pdfgen/essays/art73.pdf>

Williams, T. I. (2009). *Chemistry at Oxford: a history from 1600 to 2000*. Royal Society of Chemistry.

Garritz, A. (2010). La historia como herramienta para promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21(4), 266–269. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30093-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30093-4)

Álvarez, S. (2011a). Los laboratorios químicos, estancias sagradas. *Anales de Química*, 107(2), 175–

184. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/255>

Álvarez, S. (2011b). Entre la ciencia y el arte: imágenes del laboratorio químico. *Métode*, 69, 88-95.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3623683>

Klein, U. (2011). ¿Con qué experimentaban los químicos? Sustancias, reacciones y el lenguaje de la química moderna. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(18), 33–56.

Bekerman, D., Galagovsky, L., Laborde, S., & Odetti, H. (2012). Enseñanza de la química vs. investigación en enseñanza de la química: ¿divorcio, convivencia... o qué? *Industria y Química*, 364, 49-55.

Martinón-Torres, M. (2012). Inside Solomon's House: An Archaeological Study of the Old Ashmolean Chymical Laboratory in Oxford. *Ambix*, 59(1), 22–48.
<https://doi.org/10.1179/174582312X13296104891436>

Roberts, L. L. (2012). Instruments of Science and Citizenship: Science Education for Dutch Orphans During the Late Eighteenth Century. *Science & Education*, 21, 157–177. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9269-4>

Simon, J., & Cuenca-Lorente, M. (2012). Science Education and the Material Culture of the Nineteenth-Century Classroom: Physics and Chemistry in Spanish Secondary Schools. *Science & Education*, 21, 227–244. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9258-7>

Werrett, S. (2012). Green is the Colour: St. Petersburg's Chemical Laboratories and Competing Visions of Chemistry in the Eighteenth Century. *Ambix*, 60(2), 122–138.
<https://doi.org/10.1179/0002698013z.00000000027>

Katz, M. (2016). *Temas de historia de la química*. Asociación Química Argentina.

Fors, H., Principe, L. M., & Sibum, H. O. (2016). From the Library to the Laboratory and Back Again: Experiment as a Tool for Historians of Science. *Ambix*, 63(2), 85–97.
<https://doi.org/10.1080/00026980.2016.1213009>

Jackson, P. (2016). The Laboratory. En: B. Lightman (Ed.). *A Companion to the History of Science*, (pp. 188–203). Wiley Blackwell.

Shapiro, A. (2016). Science Education. En: B. Lightman (Ed.). *A Companion to the History of American Science*, (pp. 416–430). Wiley Blackwell.

Suay-Matallana, I., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2016). François Bienvenu y la popularización científica en la Ilustración: demostraciones experimentales, entretenimiento y públicos de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 167–184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1586>

Brock, W. H. (2017). British School Chemistry Laboratories, 1830–1920. *Ambix*, 64(1), 1–23.
<https://doi.org/10.1080/00026980.2017.1285853>

Jensen, W. B. (s.f.). Three centuries of the chemistry set. *Unpublished lectures*.
<http://www.che.uc.edu/jensen/W.%20B.%20Jensen/Unpublished%20Lectures/Chemistry/02.%20Chemistry%20Sets%201'.pdf>

El análisis de la información se llevó adelante mediante una estrategia inductiva, basada en la TF, lo que permitió construir categorías emergentes a partir del contenido de las fuentes. Este procedimiento condujo a la identificación de tres grandes períodos históricos en el desarrollo del laboratorio como dispositivo pedagógico en la enseñanza de la Química, los cuales se analizan en profundidad en el capítulo de resultados.

b) Estudio I-B: Caracterización de las prácticas educativas en el contexto de un laboratorio universitario de Química

Este estudio abordó aspectos relacionados tanto al objetivo I de esta tesis, que busca recuperar aspectos de la historia de los TP de Química, como al objetivo II, orientado a describir y analizar las prácticas educativas de docentes universitarios en clases prácticas y experimentales en el laboratorio de QI.

Objetivos específicos del estudio I-B

- Caracterizar el tipo particular de prácticas educativas desarrolladas en el contexto de un laboratorio de química durante el período 2015-2019;
- Relacionar dichas prácticas con la formación de las y los docentes a su cargo;
- Detectar los modelos de enseñanza, de ciencia y de aprendizaje subyacentes a dichas prácticas.

Se partió de la hipótesis de que las prácticas docentes en el laboratorio se modifican en función de este particular contexto y que tales modificaciones dependen, en gran medida, del conocimiento profesional de la o del docente.

Metodología del estudio I-B

Se adoptó una estrategia metodológica cualitativa, combinando el estudio documental con la observación participante pasiva, orientada por una lógica de diseño de tipo exploratorio-descriptivo.

En primer lugar, se realizó un relevamiento documental de los recursos didácticos elaborados por el equipo del DQGI para el desarrollo de los TPL. Se recopilaron, para el período 2015-2019:

- la “*Guía para el docente*”, que establecía los contenidos a abordar durante la clase y los criterios en que las actividades debían ser resueltas;
- la “*Guía para el estudiante*”, distribuida mediante el aula virtual de la asignatura, que enunciaba las actividades a ser realizadas durante las clases en el laboratorio.

En segundo lugar, se llevó adelante un trabajo de campo que consistió en la observación participante pasiva de tres grupos de clases de laboratorio del DQGI, correspondientes al desarrollo de las clases de QI de diferentes carreras universitarias (tabla 24). Estas observaciones se realizaron durante la totalidad del segundo cuatrimestre del ciclo lectivo 2015, con el objetivo de minimizar la intromisión en los grupos observados y familiarizarse con la dinámica habitual de las clases.

Para cada grupo se observaron todas las clases del cuatrimestre, seleccionándose posteriormente tres clases por grupo, una inicial, una intermedia y una final, que incluyeran actividades experimentales. De cada una de estas clases se eligió una actividad para su análisis, conformando un corpus de nueve actividades experimentales (tabla 25).

Las clases fueron registradas mediante grabación de audio utilizando un grabador profesional (Olympus VN-4100PC), colocado en un punto fijo cercano al pizarrón. Esta decisión favoreció el registro de la voz del equipo docente, aunque implicó pérdidas de calidad cuando los y las docentes se desplazaban por el aula o dirigían su voz en otra dirección.

Paralelamente, se confeccionó un registro observacional centrado en las explicaciones docentes, el uso de recursos didácticos (pizarrón, material de laboratorio, proyector), las intervenciones de estudiantes y los contenidos escritos en el pizarrón.

Los registros de audio fueron posteriormente desgrabados, seleccionando los fragmentos correspondientes a las actividades experimentales. El discurso transcrito fue enriquecido con las anotaciones del registro de campo.

A continuación, en la tabla 24 se presenta el perfil de los equipos docentes observados.

Tabla 24. Perfil de los equipos docentes participantes

Clase de laboratorio	Equipo docente 1	Equipo docente 2	Equipo docente 3
I	D5	D1	D2
	D11	D4	D4
	D14	D13	D15
II	D5	D4	D2
	D9	D11	D9
	D12	D15	D10

Los temas abordados en las actividades experimentales analizadas se presentan en la tabla 25.

Tabla 25. Clases y temas analizados

Momento del cursado	Tema	Tema – Experiencia
Inicial	Hidrógeno y Oxígeno	Producción de H ₂ en el laboratorio
Mediados	Azufre	Poder deshidratante y conducta redox del H ₂ SO ₄
Final	Complejos: Teoría del Enlace de Valencia	Obtención y propiedades de iones complejos

El análisis de los datos se realizó a partir de herramientas de la TF y el AC, con el objetivo de describir las prácticas educativas en el laboratorio y caracterizar el modo en que se desarrollaban las clases.

Se prestó especial atención a la secuenciación de las actividades experimentales según lo estipulado en las guías docente y estudiantil; las modalidades discursivas del profesorado; los recursos didácticos empleados y las articulaciones entre los conocimientos disciplinares, didácticos y curriculares puestos en juego.

Asimismo, se establecieron relaciones entre la secuencia de actividades observadas y la formación de los equipos docentes responsables, con el propósito de interpretar de qué modo se materializaban los modelos de enseñanza, ciencia y aprendizaje en el aula-laboratorio.

3.4.2 *Estudio II: El conocimiento didáctico del contenido en clases de laboratorio de Química Inorgánica*

Este estudio aborda el segundo objetivo de la presente tesis: describir y analizar las prácticas educativas de docentes universitarios en clases prácticas y experimentales en el laboratorio de QI. El foco se sitúa en el CDC que estos docentes ponen en juego al planificar, desarrollar y evaluar actividades experimentales, entendiendo que el laboratorio representa un contexto particular que plantea desafíos específicos para la enseñanza de la Química.

Con el propósito de conocer en profundidad las concepciones y decisiones docentes asociadas a los TPL, se diseñó un estudio dividido en dos partes complementarias. En primer lugar, se trabajó con un grupo de docentes (n=15) a partir de un cuestionario escrito de preguntas abiertas basado en el instrumento de Representación del Contenido (ReCo, inicialmente propuesto por Loughran *et al.*, 2004). El análisis de las producciones permitió conocer sus perspectivas sobre distintos aspectos de la enseñanza en el laboratorio considerando su vinculación con su formación profesional, trayectoria y el rol docente desempeñado en el DQGI.

Los objetivos específicos de este estudio incluyeron caracterizar el CDC sobre las clases de laboratorio de QI de este grupo docente, así como identificar los modelos de enseñanza, de ciencia y de aprendizaje que subyacen en sus prácticas. Se partió de la hipótesis de que las prácticas docentes en el laboratorio se transforman en función de este contexto particular, y que dichas transformaciones dependen, en parte, del conocimiento profesional del docente.

Para ello, luego de finalizado el cuatrimestre en el que se llevaron adelante las observaciones del Estudio I-B, se invitó al equipo docente a completar el cuestionario ReCo de manera individual y escrita. A partir de ese conjunto de datos se buscó reconstruir un CDC declarativo general que diera cuenta de las concepciones y decisiones pedagógicas involucradas en este tipo de clases. Posteriormente, se

seleccionó una submuestra de seis docentes, cuyas respuestas fueron analizadas en mayor profundidad a partir del cruce con los datos obtenidos de la observación participante pasiva, lo que permitió incorporar aspectos del CDC en acción.

El estudio se organiza entonces en dos subestudios: el Estudio II-A, que analiza el conjunto de respuestas de los 15 docentes participantes, y el Estudio II-B, que compara en profundidad las respuestas y prácticas de seis de ellos, seleccionados para representar distintos momentos del desarrollo profesional docente. Ambos subestudios permiten explorar, desde una perspectiva situada, los sentidos atribuidos por los docentes a la enseñanza experimental en el laboratorio universitario.

a) Estudio II-A: El conocimiento didáctico del contenido declarado sobre las clases de trabajos prácticos de laboratorio

El objetivo del presente estudio fue documentar el CDC declarado por docentes universitarios en ejercicio poseen sobre las clases de TPL de QI. Para ello, se aplicó el instrumento ReCo, adaptado al caso particular de los TP, con el fin de explorar qué saben y cómo piensan los docentes respecto a esta forma de enseñanza específica de su asignatura.

Si bien en muchos enfoques los TP suelen considerarse como un tipo particular de clase, en esta investigación se los abordó como un contenido específico cuya enseñanza requiere de un conocimiento didáctico particular. Desde esta perspectiva, se sostiene que la formación docente para la enseñanza de las ciencias experimentales debería incluir el TP tanto desde una mirada disciplinar como desde una mirada didáctica. El estudio se propuso, entonces, indagar el lugar que las y los docentes le asignan a las clases prácticas de laboratorio en la formación del estudiante universitario.

Objetivos específicos del estudio II-A:

- Relevar y describir las concepciones de docentes universitarios acerca de su propio conocimiento didáctico sobre el trabajo experimental en el laboratorio de QI y sus prácticas de enseñanza.
- Detectar similitudes y diferencias entre los puntos de vista de profesores universitarios de QI sobre las clases prácticas de laboratorio.

- Relacionar su CDC acerca de la práctica experimental con su formación profesional, sus años de experiencia docente y otras posibles variables.

Metodología del Estudio II-A

Este estudio se enmarca en una perspectiva cualitativa e interpretativa, con un diseño metodológico que privilegia el carácter contextualizado de la información recogida. Se trata de un diseño de tipo transversal intersujeto, que analiza y compara las respuestas de un grupo de docentes universitarios a una tarea escrita.

La herramienta utilizada fue un cuestionario abierto de nueve preguntas, basado en el instrumento ReCo propuesto por Loughran *et al.* (2004), adaptado para este estudio al contexto de los TPL de QI. El instrumento consistió en una tarea de lápiz y papel diseñada para ser respondida de forma individual, escrita y sin intervención directa del equipo investigador. Su aplicación se realizó al finalizar el cuatrimestre en el que se habían llevado a cabo las observaciones del Estudio I-B, y la participación fue voluntaria y confidencial.

El cuestionario buscó indagar diversos aspectos vinculados con la enseñanza experimental en el laboratorio, tales como los objetivos de los TP, los contenidos priorizados, las dificultades en la enseñanza, las estrategias utilizadas, la planificación de las clases y los modos de evaluación. El listado completo de preguntas se presenta en la tabla 26.

El corpus de datos quedó conformado por las respuestas de quince docentes universitarios que al momento de su aplicación desempeñaban labores docentes en clases de laboratorio en la asignatura. A partir de estas producciones escritas, se procedió a la reconstrucción interpretativa del CDC de las y los participantes, considerando tanto lo expresado como su relación con la formación profesional, la experiencia docente y el rol desempeñado en la clase.

El análisis se realizó mediante herramientas de la TF y el método comparativo constante (Glaser y Strauss, 1967). El proceso fue llevado a cabo de forma independiente por dos investigadores; los resultados obtenidos fueron contrastados y los desacuerdos discutidos hasta alcanzar consenso.

Tabla 26. Tarea de lápiz y papel inspirada en el cuestionario de Loughran *et al.* (2004) para documentar la representación del contenido adaptada para este estudio

Seguramente su asignatura incluye algún tipo de trabajo práctico	
1.	Describa brevemente en qué consisten los TP de su asignatura.
2.	Ud. en su rol de “docente” ¿qué intenta que sus estudiantes aprendan al concurrir a esas clases de TP?
3.	Reflexione y enuncie de manera argumentada por lo menos 3 razones por las cuales, desde su punto de vista, resulta importante para sus estudiantes aprender sobre los aspectos desarrollados en los TP.
4.	¿Qué aspectos sobre los temas desarrollados en los TP conoce pero considera que todavía no es el momento de enseñárselos a sus estudiantes (al menos 3)?
5.	¿Cuáles son las dificultades o limitaciones relacionadas con la enseñanza de los TP en su asignatura (al menos 3)?
6.	¿A la hora de planificar los TP, tiene en cuenta algún aspecto particular de sus estudiantes? ¿Cuál/es? ¿Cómo influye/n en su forma de enseñar los TP?
7.	Además de aspectos relacionados con el alumno, ¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de los TP de su asignatura?
8.	¿Qué estrategias de enseñanza emplea en los TP de su asignatura? ¿Por qué se utilizan esas estrategias y no otras?
9.	A la hora de evaluar la comprensión de los estudiantes en los TP de su asignatura, ¿Cómo lo hace?

En este estudio, el CDC de las y los docentes fue reconstruido a partir de sus producciones escritas, por lo que, aunque sus respuestas constituyen una forma de declaración sobre la propia práctica, el análisis posterior realizado por el equipo investigador permite interpretar estas producciones como una expresión compleja y contextualizada del CDC docente. Este enfoque se distancia tanto de un CDC meramente “declarativo” como de uno “en acción”, ubicándose en una zona intermedia, donde el conocimiento profesional es documentado desde lo que el docente puede expresar por escrito, pero sometido a una lectura teórica sistemática.

Las respuestas fueron agrupadas por pregunta y analizadas cualitativamente con base en categorías emergentes vinculadas al CDC: objetivos de enseñanza, vínculo teoría-práctica, participación estudiantil, estrategias de evaluación, formación docente, entre otras. Se prestó especial atención al uso del lenguaje y a las formulaciones textuales de las y los docentes, evitando interpretaciones forzadas. El análisis se mantuvo en el plano de lo declarado, sin confrontación con las prácticas efectivas, lo que se retoma en el Estudio II-B como una segunda fase complementaria de esta indagación.

b) Estudio II-B: El CDC sobre las clases de laboratorio universitario: análisis de seis casos con distinto recorrido profesional

Este subestudio se propuso profundizar en el análisis del CDC de docentes universitarios que se desempeñan en clases de laboratorio de QI, focalizándose en una submuestra de seis casos seleccionados. Se buscó indagar las diferencias y similitudes en sus respuestas, atendiendo a distintos niveles de experiencia y jerarquía académica, así como analizar los diversos roles que asumen los miembros del equipo docente durante el desarrollo de las clases prácticas en el laboratorio.

A diferencia del Estudio II-A, centrado exclusivamente en la reconstrucción interpretativa del CDC a partir de producciones escritas, el Estudio II-B incorpora observaciones de clases, lo que permitió complementar lo declarado por los docentes en sus ReCo con elementos del CDC en acción (CDCa). De este modo, se procuró documentar no solo lo que las y los docentes dicen acerca de su práctica, sino también lo que efectivamente hacen durante el desarrollo de las actividades experimentales, habilitando un análisis más integral de sus concepciones, decisiones y saberes puestos en juego.

Objetivos específicos del Estudio II-B

- Analizar las concepciones docentes sobre la enseñanza de la QI en el contexto del laboratorio, atendiendo a sus niveles de experiencia y jerarquía institucional.
- Detectar regularidades y diferencias en las respuestas escritas de las y los docentes y vincularlas con sus desempeños observados en clases.
- Explorar los distintos roles asumidos por las y los miembros del equipo docente durante las clases prácticas y sus implicancias para el CDCc.

Metodología del Estudio II-B

Este estudio se enmarca en una perspectiva cualitativa de tipo interpretativa, con un diseño transversal intra e intersujeto. El corpus de datos se conformó a partir de dos fuentes complementarias: las respuestas al cuestionario ReCo analizadas en el Estudio

II-A y los registros de observación no participante realizados durante las clases, correspondientes al Estudio I-B.

Se seleccionó una muestra intencional de seis docentes, atendiendo a su nivel de experiencia docente y a su jerarquía en el equipo de cátedra (tabla 18). Del nivel 1 (mayor jerarquía), se incluyeron a D1 y D4, con más de 30 años de experiencia docente y a cargo de las clases. Del nivel 2 (intermedio), se seleccionaron a D9 y D10, con entre 8 y 14 años de experiencia, quienes cumplían funciones de apoyo y también asumían algunas instancias a cargo. Finalmente, del nivel 3 (inicial), se incluyó a D12 y D13, docentes con menos de dos años de experiencia, que asistían a los equipos docentes en el desarrollo de las clases.

El análisis siguió un enfoque de TF (Glaser & Strauss, 1967), combinando la comparación constante con un enfoque temático y categorial. El proceso analítico fue realizado de forma independiente por dos investigadores, y los desacuerdos fueron discutidos hasta alcanzar consenso.

En primer término, se desarrolló un análisis *intrasujeto*, centrado en las respuestas de cada docente, con el objetivo de relevar y describir sus concepciones sobre la enseñanza en el contexto de laboratorio y detectar posibles tensiones o inconsistencias internas. En segundo lugar, se aplicó un análisis *intersujeto*, orientado a comparar las respuestas y prácticas entre docentes de diferentes niveles de experiencia. Por último, se realizó una triangulación cualitativa entre las declaraciones escritas y las prácticas observadas, lo que permitió identificar continuidades y rupturas entre lo dicho y lo hecho, y avanzar en la caracterización de los diferentes modos de ejercer la enseñanza en el laboratorio universitario.

El análisis contempló cinco dimensiones vinculadas con el CDC: (1) la naturaleza atribuida a los TP, (2) su relevancia en la formación de los estudiantes, (3) las dificultades o limitaciones de su enseñanza, (4) las formas de planificación y enseñanza empleadas, y (5) las estrategias de evaluación. Estas dimensiones se vinculan con las ocho preguntas del cuestionario ReCo y permiten reconstruir el CDC de los docentes desde una perspectiva situada y relacional, reconociendo su inscripción en un contexto institucional y colectivo de trabajo.

En síntesis, el Estudio II se orientó a documentar el CDC de docentes universitarios de QI en clases de laboratorio a partir de dos abordajes complementarios: un primer

momento centrado en la reconstrucción interpretativa del CDCc a partir de producciones escritas de 15 docentes (Estudio II-A); y un segundo momento (Estudio II-B) donde se profundizó con una submuestra de 6 docentes, complementando el análisis con observaciones de clase que permitieron acceder también a aspectos del CDCa. No se realizó análisis del discurso oral y las observaciones se centraron en el registro no participante de las prácticas de enseñanza en laboratorio

3.4.3 Estudio III: el CDC de un docente experto en clases presenciales y de enseñanza remota de emergencia

Este estudio responde al objetivo III de la presente tesis, documentar el CDCp de un profesor universitario experto de QI en clases presenciales y de enseñanza remota de emergencia debido al COVID-19 para los contenidos: la enseñanza práctica de laboratorio sobre la familia del Nitrógeno y del Hidrógeno y Oxígeno.

Para llevarlo adelante, este estudio se dividió en dos partes: el Estudio III-A documentó el CDC de un docente experto de QI en clases de laboratorio presenciales para un tópico específico, la familia de elementos del grupo 15: Nitrógeno, para ello se visitaron sus aulas y se utilizaron distintas herramientas metodológicas de análisis de su discurso, finalmente se trianguló la información; mientras que, el estudio III-B documentó la manera en que fue llevada adelante la adaptación de la enseñanza experimental durante clases virtuales debido a la enseñanza remota de emergencia durante la pandemia, para ello se consideraron los videos de clase grabados correspondientes al tema Hidrógeno y Oxígeno.

a) Estudio III-A. El CDC de un docente experto sobre clases de laboratorio: un estudio de caso

De las múltiples y variadas estrategias metodológicas propuestas para la documentación del CDC, para la realización de este estudio se empleó la propuesta por Farré y Lorenzo (2009a). Esta demostró ser particularmente útil para la documentación del CDC de los profesores universitarios y consiste en tomar como base el cuestionario ReCo propuesto por Loughran *et al.* (2004) para completarlo por el equipo de investigación empleando el análisis del discurso (AD) en clase del profesor. Para el AD se combinan diferentes

abordajes provenientes del AC (Bardin, 1986), categorías preexistentes originadas en trabajos de investigación anteriores (Sánchez *et al.*, 2021) y elementos de la TF (Glaser & Strauss, 1967) para la detección de categorías emergentes. La triangulación de los diversos abordajes, así como de investigador, permitieron una descripción más holística de la práctica educativa bajo investigación.

Consecuentemente, se planteó una investigación de campo con alcance descriptivo-interpretativo y enfoque cualitativo, tomando como estrategia el análisis de caso único correspondiente a un profesor universitario de la asignatura QI de una universidad pública argentina con más de treinta años de experiencia como docente.

El objetivo de este estudio fue documentar el CDCa de un profesor universitario de QI, desplegado durante las explicaciones en clases prácticas de laboratorio, con el fin de contar con una descripción acabada de las principales características que adopta la enseñanza experimental de la QI.

Los datos fueron recolectados durante los TPL de QI de la FBCB durante todo el desarrollo del curso. En este estudio se analizan los correspondientes a las clases Grupo 15: Familia del Nitrógeno.

Objetivos específicos del Estudio III-A

- Documentar el CDCa de un docente universitario experto en clases prácticas de laboratorio, a partir del análisis de su discurso.
- Analizar los recursos didácticos, niveles representacionales, estrategias discursivas y sentidos atribuidos al TPL por parte del docente durante la enseñanza de los contenidos del “Grupo 15: Familia del Nitrógeno”.
- Construir una ReCo basada en el AD.

Metodología del Estudio III-A

Se audiograbaron y transcribieron las clases de laboratorio completas de aproximadamente 3 h de duración, utilizando un grabador profesional acompañado por el registro de un observador participante pasivo. Los textos transcritos fueron enriquecidos con los registros obtenidos por la observación y con los materiales utilizados por el docente durante la clase.

El análisis se desarrolló como sigue:

En un primer momento, los textos correspondientes al tema "Grupo 15: familia del nitrógeno" fueron analizados empleando una guía adaptada tomando como referencia Sánchez *et al.* (2021). Las categorías utilizadas para el análisis del discurso del profesor se presentan en la tabla 27 que incluyeron los recursos para la enseñanza en clase, la recuperación de la información previa, el uso del lenguaje científico, la utilización de los distintos niveles representacionales de Johnstone y sus modos de evaluación.

Tabla 27. Categorías y niveles de la guía de análisis del estudio III-A

Categoría	Niveles
1. Recursos del profesor para la enseñanza en clase	<p>a. El o la profesora emplea diferentes recursos para comunicarse con sus estudiantes además de la palabra (pizarra, presentaciones visuales, materiales impresos, otros).</p> <p>b. El o la profesora emplea diferentes recursos discursivos en sus exposiciones orales (repeticiones, ejemplos, comparaciones, analogías, metáforas, preguntas).</p>
2. Recuperación de información previa	<p>a. Evocación del conocimiento previo.</p> <p>b. Preguntas para explorar conceptos ya conocidos por las o los alumnos.</p>
3. Lenguaje científico	<p>a. ¿El o la profesora explica nuevo vocabulario técnico?</p> <p>b. El o la profesora emplea diferentes registros propios del lenguaje técnico (fórmulas, ecuaciones)</p>
4. Niveles representacionales de Johnstone	<p>a. Macroscópico</p> <p>a₁. Praxis: referencias concretas al trabajo experimental de laboratorio.</p> <p>a₂. Semántico: Conecta los fenómenos observables con los modelos teóricos macroscópicos que lo fundamentan.</p> <p>a₃. Epistémico: Refiere a la construcción de conocimiento y validación de los métodos desde el punto de vista de la disciplina</p> <p>b. Submicroscópico: Incluye expresiones y vocabulario propio del nivel atómico o molecular.</p> <p>c. Simbólico: Refiere a la inclusión de distintos elementos gráficos que actúan como sistemas externos de representación.</p>
5. Modos de evaluación del profesor	<p>a. Pseudoevaluación (preguntas retóricas como: <i>¿Se entiende?</i>).</p> <p>b. Evaluación: preguntas específicas para detectar el conocimiento de las o los alumnos teniendo en cuenta los niveles de comprensión de Perkins.</p>

En un segundo momento, con los resultados obtenidos en la primera parte del análisis se procedió a completar el cuestionario ReCo para documentar el CDCa del profesor

acerca de los TPL. En la tabla 28, se presentan las ocho preguntas típicas de este instrumento y los indicadores en el discurso del profesor que fueron considerados para responder a cada una de dichas preguntas.

Tabla 28. Instrumento ReCo modificada e indicadores en el discurso de la o del profesor

<i>Categorías de análisis</i>	<i>Indicadores en el discurso de la o del profesor</i>
P1) ¿Qué intenta la o el profesor que sus estudiantes aprendan sobre los TPL de la Familia del Nitrógeno?	¿En qué se hace hincapié? Representaciones utilizadas para enseñar el tema Referencias explícitas a los distintos niveles de la química (Johnstone, 1982, 1993) y al vocabulario técnico.
P2) ¿Por qué cree la o el profesor que es importante que sus estudiantes aprendan sobre este tema?	Relación con otras ideas centrales Relación de la idea central con otros cursos/ vida cotidiana/ profesión.
P3) ¿Qué otra cosa sabe el profesor sobre este tema?	Validación del conocimiento (papel de la observación, del experimento, del científico, métodos)
P4) ¿Qué dificultades se relacionan con la enseñanza del tema?	Utilización de diferentes aproximaciones (analogías, metáforas, ejemplos) para enseñar una misma idea central.
P5) ¿Qué cosas sabe el profesor sobre sus estudiantes que influyen en su enseñanza de este tema?	Concepciones el aprendizaje: Rol de los estudiantes (conocimientos previos, errores, motivación) Consejos para un mejor aprendizaje
P6) ¿Qué otros factores están influyendo en la enseñanza de este tema?	Rol del propio docente (referencias al contexto/ institución/ colegas) Estructura y gestión del tema
P7) ¿Qué procedimientos/ estrategias utiliza el profesor al enseñar el tema?	Estrategias didácticas para presentar las ideas centrales
P8) ¿Cómo evalúa la comprensión de sus alumnos mientras enseña este tema?	Tipos de preguntas, tareas Tipos de evaluación

Los análisis de los datos obtenidos por ambas metodologías fueron triangulados metodológicamente para poder construir el CDCa del docente experto. Los análisis fueron realizados de manera independiente por dos investigadores y, en los casos en que no era alcanzado el consenso, se consultó a un tercer investigador (triangulación de investigadores).

Los episodios seleccionados para el análisis detallado fueron elegidos en función de su densidad explicativa y su potencial para documentar múltiples dimensiones del CDCp. En particular, se priorizaron aquellos momentos de clase en los que el docente articulaba los tres niveles representacionales de Johnstone (macroscópico, submicroscópico y simbólico), proponía explicaciones que incluían justificaciones

teóricas, y modelizaba prácticas del laboratorio con énfasis en la observación crítica y la toma de decisiones. Uno de los fragmentos corresponde a una situación de diálogo con estudiantes, y el otro a una demostración con cierto nivel de riesgo, en la que se observó una construcción particularmente densa del contenido y del rol docente en acción.

El presente estudio contó con el consentimiento informado del docente participante (D1), quien accedió voluntariamente a la grabación y análisis de sus clases. Se resguardó su anonimato mediante la utilización de seudónimos en los registros, citas y presentaciones del estudio. Asimismo, los datos fueron analizados exclusivamente con fines académicos y científicos, asegurando en todo momento la confidencialidad del participante.

La presentación de los resultados sigue el mismo criterio metodológico adoptado en el diseño del estudio. En primer lugar, se desarrolla un análisis en profundidad de un episodio particular, titulado *¿De qué color son las cosas?* con el objetivo de ejemplificar el enfoque adoptado y mostrar cómo se interpretaron las intervenciones del docente. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del AD en clase aplicando las categorías de la tabla 27. Finalmente, se documenta el CDCa del docente a partir de la construcción de la ReCo a partir del AD (tabla 28) sobre la base del mismo corpus discursivo.

b) Estudio III-B. Enseñanza experimental durante la pandemia. Un estudio de caso de un docente experto

El contexto socio sanitario de 2020, provocado por la pandemia de COVID-19, introdujo profundos cambios en la educación universitaria, así como en los modos de enseñar y aprender Química. Este estudio aborda cómo se adaptó la enseñanza experimental en las clases de Química en este nuevo contexto para conocer los diferentes procesos y alternativas que siguió el profesorado universitario para hacer frente a estos escenarios complejos y novedosos.

En particular, considerando la importancia de las actividades prácticas en la enseñanza de la química, sobre todo a nivel universitario, la enseñanza experimental se vio particularmente afectada dada la imposibilidad de asistir presencialmente al laboratorio. Así, tuvieron que modificarse las estrategias y recursos para lograr la combinación de aspectos teóricos y prácticos en propuestas de enseñanza remota de emergencia.

En situaciones de aula, el docente ha utilizado la palabra como la herramienta principal para desempeñar su tarea de enseñanza promoviendo la interacción con sus estudiantes. Este estudio busca conocer entonces cómo fue afectado el discurso del mismo profesor al quedar recluido al otro lado de la pantalla. Especialmente, en clases de QI, donde el lenguaje científico reviste un carácter preponderante, por la gran cantidad de vocabulario técnico y los diferentes niveles representacionales a los que alude (Johnstone, 1982, Talanquer, 2011) y más aún cuando se trata de enseñar aquellas actividades que son propias del laboratorio. En este contexto, el presente estudio analiza los recursos y estrategias empleados para la enseñanza en escenarios mediados por la tecnología, considerando sus particularidades y desafíos.

Objetivos específicos del estudio III-B:

- Analizar las transformaciones en el CDCp de un docente universitario experto al transitar de clases presenciales a clases remotas de laboratorio en el contexto de la pandemia.
- Describir las características de la enseñanza experimental de la QI mediada por tecnologías, atendiendo a las adaptaciones implementadas por el docente.
- Examinar los recursos didácticos, estrategias de vinculación pedagógica y configuraciones discursivas empleadas para sostener la enseñanza de actividades experimentales en modalidad remota.

Metodología del Estudio III-B

Este estudio tiene una perspectiva descriptiva-interpretativa con enfoque cualitativo, empleando un diseño de análisis de caso, realizada en la FBCB-UNL para la asignatura QI. Se tomó como caso un encuentro sincrónico de 2 horas de duración realizado a través de la plataforma Zoom, a cargo de un profesor (D1) con más de treinta años de experiencia como docente, quien estaba acompañado por otros tres docentes (D2, D8 y D14).

Los datos fueron recogidos en formato multimedial y correspondieron a las explicaciones de la clase de resolución de problemas de la temática Hidrógeno y Oxígeno y otros recursos disponibles en el entorno virtual (guía integrada de teoría,

resolución de ejercicios y trabajos prácticos, videos de elaboración propia sobre las prácticas de laboratorio, compendio de unidades y tablas).

Los episodios correspondientes a actividades prácticas y de laboratorio fueron transcritos y enriquecidos con las imágenes mostradas por el docente durante su exposición.

Los análisis fueron realizados de manera independiente por diferentes investigadores (triangulación de investigador) empleando elementos del AC, a partir de criterios elaborados previamente (Sánchez *et al.*, 2021) que incluyeron: los recursos discursivos y materiales utilizados para la enseñanza y niveles representacionales (macroscópico, submicroscópico y simbólico) de Johnstone (1982, 1993, 2000).

3.5 A modo de cierre

Este capítulo presentó el marco metodológico de la tesis, incluyendo los modelos teóricos que la sustentan y las decisiones metodológicas adoptadas para el desarrollo de los distintos estudios empíricos. Se describieron los enfoques, técnicas e instrumentos utilizados en cada uno de ellos, en consonancia con los objetivos planteados.

A fin de ofrecer una visión de conjunto, a continuación, se sintetiza la articulación entre los objetivos de la tesis, los estudios que los operacionalizan, el enfoque metodológico adoptado en cada caso y la fuente principal de datos considerada. La tabla 29 constituye un mapa general del diseño de investigación y podrá retomarse como guía de lectura para los capítulos siguientes.

Tabla 29. Articulación entre objetivos, estudios, enfoques y fuentes de datos principales

Objetivo	Estudio	Enfoque	Fuente de datos principal
Objetivo I	I-A	Revisión bibliográfica	Producción académica histórica
Objetivo I/II	I-B	Análisis documental y observación pasiva	Guías docentes y estudiantiles, registros y discurso docente en clases
Objetivo II	II-A	CDC declarado	ReCo escrito por 15 docentes
	II-B	CDC en acción	ReCo y observación de clases (6 docentes)
Objetivo III	III-A	Caso presencial	Registro enriquecido de clases presenciales
	III-B	Caso remoto	Clase virtual grabada (COVID-19)

Esta síntesis cierra el recorrido metodológico, pero abre paso a la interpretación empírica. En el próximo capítulo, los estudios se presentan y analizan siguiendo una lógica ascendente que refleja la construcción progresiva del CDC a lo largo de esta investigación.

La figura que abre el capítulo 4 retoma esa lógica mediante una representación visual en espiral, que organiza los estudios en torno a los objetivos planteados, anticipando el modo en que serán leídos, enlazados y discutidos.

Capítulo 4. Resultados y Discusión

“...andaba a la caza de eventos, míos y ajenos, que quería exhibir en el escaparate de un libro, por ver si conseguía inculcar en los profanos el sabor fuerte y amargo de nuestro oficio... no me parecía justo que el mundo lo supiese todo acerca de cómo viven el médico, la prostituta, el marinero, el asesino, la condesa, el romano antiguo, el conspirador y el habitante de la Polinesia, y que no supiera nada de cómo vivimos nosotros, los transformadores de la materia.”

— Primo Levi, *El Sistema Periódico*, p.220 (El Aleph, 2004)

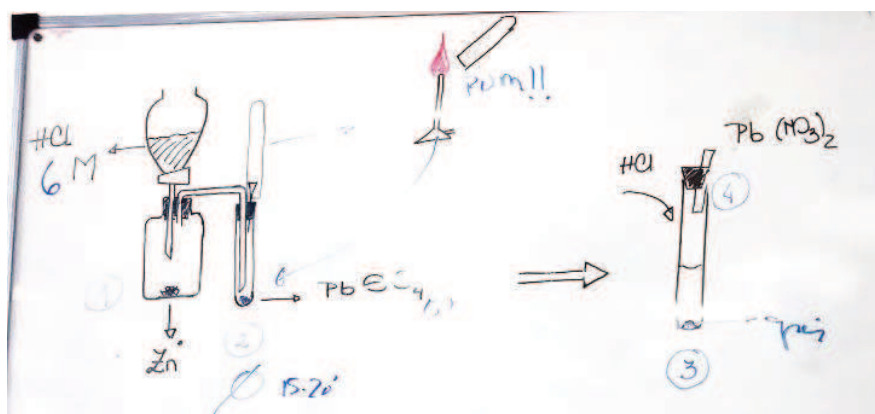


Figura 16. Una imagen de la pizarra, donde D1 esquematizó el equipo a armar como apoyo visual a sus explicaciones (uso de representaciones externas)

En este capítulo se presentan los resultados alcanzados, organizados según los estudios realizados de acuerdo con los objetivos específicos planteados. Cada estudio se compone de dos partes (A y B), lo que permitió trabajar con diferentes fuentes de información, ampliar el alcance de los hallazgos y triangular diversas estrategias analíticas. Aunque el proceso de investigación avanzó de manera simultánea e interrelacionada entre los distintos estudios, los resultados se presentan con una estructura espiralada que facilita su comprensión y articulación, en el que cada etapa alimentó y potenció a la siguiente, profundizando de manera progresiva el abordaje del problema. En el centro de esta espiral se encuentra el conocimiento didáctico del contenido (CDC), producto central de esta tesis, el cual se fue construyendo y enriqueciendo a lo largo de todo el trayecto.

La espiral se levanta sobre una base firme: el *laboratorio de química*, contexto que enmarca toda la investigación y que actúa como punto de partida conceptual y empírico.

A partir de allí, se suceden tres niveles o “pisos” de análisis:

- Primer nivel: exploración histórico-documental del laboratorio como dispositivo de enseñanza (Estudios I-A y I-B), correspondiente al Objetivo I.
- Segundo nivel: descripción y comparación del CDCc de docentes universitarios (Estudios II-A y II-B), enmarcado en el Objetivo II.
- Tercer nivel: estudio de caso en profundidad del CDCp de un docente experto, en condiciones presenciales y virtuales (Estudios III-A y III-B), vinculado al Objetivo III.

En la figura 17 se representa esta estructura como una espiral ascendente que simboliza la construcción del CDC y la integración progresiva de los distintos niveles de análisis, desde lo institucional y colectivo hasta lo singular y situado.



Figura 17. Representación espiralada del proceso investigativo y los resultados obtenidos.

A continuación, se presenta un resumen general del capítulo, a modo de introducción a los resultados obtenidos. En esta sección se articulan los principales hallazgos de cada uno de los estudios empíricos, organizados según los objetivos propuestos.

4.1 Introducción a los Resultados

Se documentó el conocimiento docente *para y en* la práctica experimental, reconociendo la relevancia del equipo docente, la preparación previa de los TP y el AD como estrategia para trascender las respuestas declarativas obtenidas con el instrumento ReCo. Este análisis permitió:

- Examinar las clases desde diversas aproximaciones metodológicas y sin límites temporales.
- Identificar la construcción del conocimiento y las estrategias didácticas empleadas.
- Documentar las teorías en uso que orientan la acción docente.
- Registrar datos sin perturbar el desarrollo de la clase.
- Analizar clases presenciales y virtuales durante el confinamiento por COVID-19.

Los resultados se organizan en tres estudios principales:

- Estudio I: análisis del laboratorio como dispositivo de enseñanza desde una perspectiva histórico-documental (I-A) y estudio combinado sobre materiales curriculares y observación participante pasiva en una universidad argentina (I-B).
- Estudio II: caracterización del CDCc de docentes universitarios a partir de su declaración mediante un cuestionario de Representación del Contenido (ReCo) (II-A) y de la observación de clases (II-B).
- Estudio III: estudio de caso en profundidad del CDCp de un docente universitario experto en dos condiciones: presencialidad (III-A) y virtualidad sincrónica en pandemia (III-B).

La tabla 30 sintetiza los principales resultados obtenidos en cada uno de estos estudios, que se desarrollarán en detalle en los apartados siguientes.

Tabla 30. Principales resultados de los estudios empíricos

Estudio	Tema principal	Fuente de datos	Hallazgos destacados
I-A	Historia del laboratorio como forma de clase	Revisión bibliográfica	Emergencia de tres periodos históricos: <i>preciencia</i> , <i>ciencia</i> , <i>actividad experimental</i> . Escasa literatura sobre el laboratorio como dispositivo didáctico.
I-B	Sentidos y prácticas del laboratorio en la formación universitaria	Guías docentes y estudiantiles, observación participante pasiva, registros de audio y campo	Diversidad de recursos y modalidades discursivas. Articulación variable entre contenidos disciplinares y actividades experimentales. Modelos de enseñanza implícitos vinculados a la formación docente.
I-A	CDC declarado por docentes	ReCo escrito por 15 docentes	Identificación de estrategias didácticas, énfasis en lo experimental, tensiones en torno a evaluación, lenguaje y objetivos.
II-B	CDC en acción en el aula	ReCo y observación de clases (6 docentes)	Coherencias y discrepancias entre lo declarado y lo realizado. Influencia del rol jerárquico y de las trayectorias profesionales.
III-A	CDC de un docente experto en presencialidad	Registro enriquecido de clases presenciales	Uso reflexivo de recursos, integración de niveles representacionales, lenguaje adaptado, evaluación como herramienta comprensiva.
III-B	CDC de un docente experto en virtualidad	Registro enriquecido de clase remota	Adaptación pedagógica exitosa. Fortalecimiento del CDC en condiciones de excepcionalidad sanitaria.

A modo de cierre de esta introducción, se presentan algunos hallazgos transversales que atraviesan los distintos estudios realizados:

- Tres periodos históricos en la evolución del laboratorio como espacio de enseñanza: *preciencia* (asombro y espectacularidad), *ciencia* (replicación de experimentos y método científico) y *actividad escolar* (institucionalización de los TP como forma didáctica).
- Predominio de contenidos teóricos y cálculos termodinámicos por sobre aspectos como la contextualización o la elaboración de informes.
- Equipos docentes con roles diferenciados, asociados tanto a las tareas como a las interacciones y turnos de habla.
- Subordinación de la experimentación a los contenidos conceptuales, independientemente de la formación pedagógica del docente.

- Clase práctica como instancia multidimensional, semejante a una coreografía en la que docentes y estudiantes articulan acciones simultáneas, evaluando funcionamiento experimental, desempeño y participación.

Estos elementos no solo resumen el recorrido investigativo, sino que también integran las claves para entender el CDC que constituye el núcleo de esta tesis.

En la próxima sección, se presenta el Estudio I, punto de partida del recorrido espiralado de esta investigación. Este estudio ofrece las bases conceptuales e históricas para comprender las formas que ha adoptado el laboratorio de química como espacio didáctico, a partir de una revisión bibliográfica (I-A) y un análisis documental-empírico (I-B) que enmarcan e interpretan los estudios posteriores.

4.2 Resultados del Estudio I: El laboratorio de enseñanza de Química

Este primer estudio se centra en el laboratorio como espacio de enseñanza de la Química en la universidad. Retomando la lógica espiralada que organiza la investigación, este estudio avanza desde una mirada amplia, anclada en dimensiones históricas, institucionales y materiales, hacia niveles progresivos de mayor especificidad.

El propósito fue indagar cómo se configuró el laboratorio como ámbito específico para la enseñanza de la Química a lo largo del tiempo y cuáles son algunas de sus expresiones actuales. Para ello, se recurrió a diferentes tipos de fuentes que permitieron reconstruir su trayectoria histórica e identificar procesos de institucionalización como forma escolar. Al mismo tiempo, el estudio ofrece una primera aproximación a las condiciones presentes de las clases prácticas, estableciendo un marco de referencia para los análisis posteriores.

4.2.1 Introducción a los Resultados del Estudio I: El laboratorio de enseñanza de Química

El laboratorio ha sido, a lo largo de la historia, uno de los escenarios más emblemáticos de la química: allí se produce conocimiento, se manipulan sustancias y se materializa la práctica experimental. En el ámbito universitario, sin embargo, este entorno adopta características particulares que no siempre resultan evidentes. Para quienes enseñan, suele ser un lugar familiar y naturalizado; para quienes aprenden, en cambio, puede convertirse en un contexto cargado de reglas, instrumentos desconocidos y exigencias implícitas.

Esta distancia motivó la necesidad de comprender, desde una perspectiva histórica y actual, cómo ha evolucionado el laboratorio como un espacio destinado a la enseñanza de la química. Para ello, el estudio se organizó en dos momentos analíticos complementarios:

- Un análisis bibliográfico centrado en el surgimiento y evolución del laboratorio como dispositivo pedagógico (Estudio I-A).
- Una descripción y análisis de las condiciones actuales de las clases prácticas, a partir del estudio documental y de observación de clases en un laboratorio universitario (Estudio I-B).

A continuación, se presentan los resultados del Estudio I-A, orientado a reconstruir la trayectoria histórica del laboratorio como dispositivo de enseñanza de la química a partir de un análisis bibliográfico de fuentes especializadas.

4.2.2 Resultados del Estudio I-A. El laboratorio de química a lo largo de la historia

Este apartado presenta los resultados del Estudio I-A, centrado en la revisión bibliográfica sobre la historia del laboratorio como espacio de enseñanza de la química. El análisis de fuentes bibliográficas secundarias y terciarias permitió reconocer hitos clave en su consolidación como forma de clase, desde sus orígenes vinculados a la alquimia y a la práctica artesanal, hasta su incorporación en el currículo universitario moderno. Esta trayectoria refleja transformaciones técnicas y conceptuales, así como los sentidos atribuidos a la enseñanza experimental y los debates que, con matices, persisten en torno a sus objetivos, contenidos y modos de implementación (Hernández Millán, 2012, Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007).

El laboratorio como dispositivo de enseñanza, con su lógica propia de instrumentos, procedimientos y formas de interacción, no existió desde siempre ni se configuró al mismo tiempo que la disciplina. En un trabajo clásico sobre didáctica del laboratorio, Barberà y Valdés (1996) señalaban que, hacia finales del siglo XIX, la actividad de laboratorio formaba parte del currículo de ciencias en Inglaterra y Estados Unidos, constituyéndose en un elemento distintivo de la enseñanza de las ciencias. Con el tiempo, el laboratorio adoptó rasgos que lo distinguieron del aula tradicional: la disposición del equipamiento, la manipulación sistemática de sustancias, el uso de técnicas estandarizadas y la incorporación de un lenguaje experimental específico.

El corpus de análisis constituido para este estudio quedó conformado 49 fuentes seleccionadas que abordaban de manera explícita el vínculo entre el laboratorio y la enseñanza de la química desde una perspectiva histórica. Estas fuentes permitieron rastrear distintas formas de apropiación del trabajo experimental en contextos y épocas diversas, así como momentos clave en su institucionalización y debates recurrentes sobre su función didáctica.

En la tabla 31 se presenta una breve descripción de cada fuente y su aporte específico al análisis histórico. Este relevamiento constituye una base documental que no pretende

agotar las posibles lecturas: los materiales incluyen matices, zonas de transición y diferencias en la manera de caracterizar el laboratorio, que serán retomados en el análisis posterior.

Tabla 31. Fuentes analizadas en el Estudio I-A y descripción de su aporte al análisis histórico del laboratorio.

Referencia	Breve descripción
Welch, W. H. (1895)	Presenta una historia de la evolución de los laboratorios científicos y un fundamento histórico-filosófico para la instrucción práctica.
Harvey, N. A. (1922)	Examina el valor del laboratorio desde una perspectiva psicológica, destacando su aporte al aprendizaje activo y significativo.
Bowers, W. G. (1924)	Enfatiza los valores educativos del laboratorio como espacio para el desarrollo del pensamiento científico.
Downing, E. R. (1924)	Compara la instrucción basada en laboratorio con la enseñanza por demostración, analizando su eficacia e impacto.
Powers, S. R. (1926)	Revisa la enseñanza de la química en las primeras escuelas estadounidenses, situando su inicio antes de 1820.
Vandevoort, A. M. (1930)	Analiza programas de formación docente en EE.UU. (1832–1930), proponiendo una periodización y sentidos atribuidos al laboratorio.
Fay, P. J. (1931)	Documenta la popularización de la enseñanza de laboratorio con actividades experimentales durante la segunda mitad del siglo XIX.
Hale, H. (1932)	Recorre la evolución de la enseñanza de la química en EE.UU. (1870–1914), destacando laboratorios, instituciones y actores relevantes.
Newell, L. C. (1932)	Rastrea los orígenes de la educación química en América hasta 1820, con énfasis en la medicina y las escuelas coloniales.
Knox, W. W. (1936)	Discute las ventajas y limitaciones del método de demostración frente al trabajo de laboratorio individual, citando diversas fuentes históricas.
Filson, M. H. (1940)	Examina el currículo de química en colegios de formación docente e introduce cursos innovadores.

Meloy, C. R. (1953)	Presenta resultados de una encuesta nacional sobre contenidos y tiempos de laboratorio en cursos introductorios.
Smeaton, W. A. (1954)	Registra el primer curso de química en incluir trabajos de laboratorio (Academia de Ciencias de San Petersburgo, 1752-1756), donde una decena de estudiantes repetía las experiencias del profesor. Describe la experiencia pionera de la Escuela Politécnica de París en la inclusión de clases de laboratorio en cursos regulares (finales del S. XVIII). Los docentes auxiliares y los estudiantes replicaban las experiencias del profesor de práctica. El <i>Manuel d'un Cours de Chimie</i> (Paris, 1799, 2 vols.) inspiró la creación de otras cátedras de química.
Smeaton, W. A. (1966)	Describe las drogas, materiales y técnicas experimentales presentes en tres laboratorios portátiles del siglo XVII.
Morrell, J. B. (1969)	Analiza el desarrollo de la enseñanza práctica de la química en la Universidad de Edimburgo en el siglo XIX.
Bradley, M. (1976)	Detalla la organización de las clases de laboratorio de la Escuela Politécnica de Paris, destacando la distribución de espacios y roles docentes: “ <i>había tres grandes laboratorios para las lecciones de los (tres) profesores con un demostrador para cada uno de ellos responsable de los insumos químicos. Además, había un laboratorio para cada grupo de estudiantes. Ellos repetían bajo la dirección y guía de un demostrador las principales reacciones ya estudiadas en las lecciones</i> ” (p. 431, traducción propia).
Lock, R. (1988)	Revisa históricamente cómo se implementó el trabajo práctico en las escuelas. Muestra el paso de prácticas informales a modelos didácticos sistematizados.
Fenby, D. V. (1989)	Detalla la adopción de prácticas de laboratorio en universidades europeas del siglo XVIII, como Leiden y Edimburgo, en vínculo con la medicina.
Moffitt, M. (1993)	Analiza el carácter visual y hermético de los textos alquímicos. Refuerza la imagen del laboratorio como espacio cerrado y cargado de símbolos.
Pickering, M. (1993)	Presenta una breve historia del laboratorio de química, destacando la influencia del modelo de Liebig.
Cueto, M. (1994)	Estudia estilos de laboratorio en fisiología argentina como forma local de organización científica y educativa.

Wilson, M. (1998)	Explora la dimensión simbólica y musical del laboratorio alquímico en la Grecia antigua.
Anderson, R. G. W. (2002)	Reinterpreta el laboratorio como construcción cultural, más allá de su dimensión arquitectónica.
Crossland, M. (2002)	Examina las dificultades prácticas y conceptuales en el estudio de gases en el siglo XVIII, previas al paradigma lavosieriano
Holmes, F. L. (2002)	Estudia la evolución instrumental en la obra de Lavoisier y su papel en la consolidación del laboratorio como espacio científico.
Levere, T. H. (2002)	Describe cómo la medición precisa transformó la química de gases y contribuyó a la formalización de nuevos marcos teóricos.
Newman, W. R. (2002)	Analiza la alquimia como práctica empírica centrada en la transformación de la materia, resaltando su dimensión artesanal.
Principe, L. M. (2002)	Examina el desarrollo de dispositivos experimentales reproducibles en el contexto alquímico y su papel en la sistematización previa a la ciencia moderna.
García-Belmar, A., <i>et al.</i> (2005)	Estudia manuales de química franceses del siglo XIX como herramientas didácticas, ilustrando el paso de la práctica científica a la enseñanza formalizada.
Galagovsky, L. R. (2007)	Registra la introducción de la química en la educación secundaria de los Países Bajos en el siglo XIX, orientada a necesidades comerciales.
van Beek, J. (2009)	Analiza los <i>chemistry sets</i> como dispositivos educativos fuera del laboratorio tradicional y su integración a la enseñanza formal.
Williams, T. I. (2009)	Presenta la historia institucional de la química en Oxford y la evolución de su laboratorio académico.
Garritz, A. (2010)	Menciona el uso de manuales a principios del siglo XX, como el de Millikan (1902), que presentaba las técnicas de laboratorio como recetas.
Álvarez, S. (2011a)	Examina los primeros laboratorios especializados de química (siglos XV y XVI), sus funciones simbólicas y su transformación en espacios de conocimiento científico.
Álvarez, S. (2011b)	Realiza una revisión histórica de los laboratorios de química, incluyendo aquellos con fines educativos.

Klein, U. (2011)	Describe las sustancias y prácticas de los primeros laboratorios químicos, aportando a la comprensión de la transición hacia la química moderna.
Bekerman, D., et al. (2012)	Analiza la influencia de las ideas de Richard Dawes (1793-1867) en la inclusión de las Ciencias Naturales en la educación general británica del siglo XIX.
Martinón-Torres, M. (2012)	Presenta un estudio arqueológico de un laboratorio químico del siglo XVII en Oxford, aportando evidencia material sobre las prácticas experimentales.
Roberts, L. L. (2012)	Examina la enseñanza de ciencias en orfanatos neerlandeses del siglo XVIII, con integración de laboratorio e instrumentos en una pedagogía cívica.
Simon, J., & Cuenca-Lorente, M. (2012)	Reconstruye la cultura material de la enseñanza de química en escuelas españolas del siglo XIX, destacando el rol de las colecciones de instrumentos.
Werrett, S. (2012)	Estudia los laboratorios químicos en la Rusia del siglo XVIII y cómo ciencia, artesanía y poder moldearon sus modelos.
Fors, H., et al. (2016)	Estudia los laboratorios químicos en la Rusia del siglo XVIII y cómo ciencia, artesanía y poder moldearon sus modelos.
Katz, M. (2016)	Analiza cómo la transformación de la materia ha contribuido al avance de la sociedad.
Jackson, P. (2016)	Reflexiona sobre el laboratorio como institución moderna y su papel formativo en la enseñanza de las ciencias.
Shapiro, A. (2016)	Revisa la evolución de la enseñanza científica en Estados Unidos y el proceso de escolarización del laboratorio.
Suay-Matallana, I., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2016)	Estudia los espectáculos químicos del siglo XVIII como forma de divulgación itinerante, vinculándolos a los <i>chemistry sets</i> .
Brock, W. H. (2017)	Describe la incorporación de la química en escuelas secundarias británicas y el diseño de laboratorios escolares entre 1830 y 1920.
Jensen, W. B. (s.f.)	Presenta la historia cultural y educativa de los <i>chemistry sets</i> , incluyendo su rol en la enseñanza doméstica y escolar desde el siglo XVIII.

A partir de esta base, se desarrolló una mirada histórica del laboratorio de enseñanza como una construcción en transformación. El análisis permitió reconocer continuidades, rupturas y superposiciones en aspectos materiales, simbólicos, institucionales y didácticos, cuya evolución no fue lineal. Sobre esta interpretación se construyeron tres categorías emergentes que organizan los resultados: *preciencia*, *ciencia* y *actividad escolar*. En el apartado siguiente se presenta el marco histórico general que contextualiza estas formas históricas y se inicia su descripción detallada.

Tres períodos en la configuración histórica del laboratorio

Antes de la constitución de la química como disciplina científica, las prácticas vinculadas a la transformación de la materia respondían a oficios artesanales y saberes empíricos transmitidos de maestro a aprendiz. La extracción de metales, la preparación de pigmentos o las operaciones alquímicas formaban parte de un conocimiento técnico sin una intencionalidad pedagógica formal. Estos saberes combinaban dimensiones prácticas y simbólicas y en muchos casos se desarrollaban en entornos herméticos y ritualizados.

Con la consolidación de la química contemporánea, especialmente a partir del siglo XIX, el laboratorio comenzó a institucionalizarse en el ámbito académico y científico, integrándose progresivamente al currículo escolar y universitario. En este proceso, adoptó formas y funciones diversas, desde espacio de investigación hasta entorno didáctico estructurado, con diferentes grados de autonomía para estudiantes y docentes.

La tabla 32 sintetiza las características principales de estas tres modalidades históricas, que guiarán el análisis posterior.

Tabla 32. Categorías emergentes y dimensiones descriptivas de la enseñanza en el laboratorio a lo largo del tiempo

<i>Período</i>	Pre-ciencia	Ciencia	Actividad escolar
<i>Tiempo histórico</i>	Antes de Lavoisier (mediados de S. XVIII)	Después de Lavoisier (mediados de S. XVIII)	A finales del S. XVIII, se consolida a partir del S. XIX
<i>Tipo de práctica predominante</i>	Empiria artesanal	Experimentación científica	Actividad Experimental
<i>Características</i>	Experiencias y prácticas sobre transformaciones químicas sin marco teórico unificado; transmisión artesanal	Introducción de instrumentación, mediciones precisas y modelos teóricos	Laboratorio como forma de clase con fines pedagógicos; aparición de manuales tipo receta

a) Período: Preciencia

Corresponde a los inicios de la química hasta su consolidación como disciplina. Se caracterizó por avances empíricos sobre procesos químicos, desde la dominación del fuego hasta las prácticas más místicas de la alquimia, sin un marco teórico unificado que explicara los fenómenos. Desde la perspectiva kuhniana, puede ser interpretado como un período pre-paradigmático (Kuhn, 1962), en el cual el conocimiento se transmitía de maestro a aprendiz de forma artesanal, sin una intencionalidad pedagógica explícita ni una planificación sistemática del aprendizaje.

Álvarez (2011a) describe los laboratorios de esta época como espacios simbólicos, casi sagrados, donde el saber químico se entrelazaba con lo esotérico, anticipando el rol central que más tarde asumiría el laboratorio como escenario privilegiado del conocimiento. Una imagen emblemática de este imaginario es el *Amphitheatrum sapientiae aeternae* de Heinrich Khunrath (1602), en la que el laboratorio aparece como “estancia sagrada” cargada de simbolismo alquímico y religioso.



Figura 18. *Amphitheatrum sapientiae aeternae*, Heinrich Khunrath, 1602. Grabado reproducido por Álvarez (2011b).

Newman (2002) y Principe (2002) analizan la alquimia como una tecnología orientada a la transformación controlada de la materia. Del mismo modo, Levere (2002) y Holmes (2002) destacan el papel de las primeras mediciones en el estudio de los gases, evidenciando que ya existían formas de rigor experimental incluso antes del establecimiento de teorías científicas. Wilson (1998) interpreta el laboratorio premoderno como un espacio ritual, vinculado a lo musical y lo místico, ampliando su comprensión más allá de lo técnico. Mientras que Fors *et al.* (2016) subrayan la importancia de la reconstrucción práctica de experimentos históricos como vía para comprender la dimensión material del conocimiento en esta etapa.

b) Período: Ciencia

Iniciado con el reconocimiento de la química moderna como ciencia a partir de los aportes de Antoine-Laurent de Lavoisier (1743–1794), este período incorporó

mediciones precisas, instrumental especializado y modelos teóricos basados en la experimentación controlada. A partir de esta etapa, la actividad en el laboratorio adquirió una estructura más sistemática y orientada a la validación empírica del conocimiento, en el marco de una creciente institucionalización de la ciencia. La proliferación de asociaciones científicas y publicaciones especializadas acompañó este proceso.

En este período, el laboratorio se consolidó como un espacio privilegiado para la producción de conocimiento original. Su organización y funcionamiento respondían principalmente a fines investigativos, sin estar concebidos aún como entornos pedagógicos. Williams (2009) documenta este desarrollo en la Universidad de Oxford, donde el laboratorio se afianzó como centro de investigación antes de integrarse a la enseñanza universitaria.

La incorporación de estas prácticas al currículo universitario comenzó a consolidarse hacia fines del siglo XVIII. En la *École Polytechnique* de París (fundada en 1794, figura 19), se estructuraron laboratorios diferenciados para profesores y estudiantes, con ayudantes especializados que guiaban la repetición de las reacciones observadas en clase (Bradley, 1976, Smeaton, 1954). Morrell (1969) registra una evolución similar en la enseñanza de la química práctica en Edimburgo, en sintonía con los cambios que se estaban produciendo en otras instituciones europeas.



Figura 19. Vista de la École Polytechnique de París hacia 1794. Fuente:
http://albindenis.free.fr/Site_escadrille/Felix_Marie.htm

Este modelo reproducía una estructura jerárquica que también se encontraba en otros campos científicos. Un ejemplo lo ofrece la medicina durante el período escolástico (siglos XI a XV), descrita por Díaz Hernández (2011): el docente o lector leía desde su cátedra elevada, mientras un ayudante, demostrador realizaba la disección junto a las indicaciones de un “ostensor” quien señalaba con un puntero o varilla las partes anatómicas relevantes para que el público las identificara. Este esquema, formalizado luego por Herman Boerhaave (1668–1738) en el hospital académico moderno, evidenciaba una división de funciones y un rol pasivo del estudiante, lógica que puede rastrearse también en la enseñanza de la química experimental hasta bien entrado el siglo XX.

En el siglo XIX, estas prácticas se acompañaron de una cultura material educativa basada en colecciones de instrumentos, reforzando el modelo demostrativo. Simon y Cuenca-Lorente (2012) destacan cómo esta cultura material fortaleció la autoridad docente y la estructura jerárquica en la enseñanza experimental. Este formato fue replicado en instituciones como Gotinga, Edimburgo, Upsala o Giessen. En esta última, Liebig promovió un tipo de laboratorio centrado en la formación del investigador, que influyó decisivamente en el desarrollo de las ciencias experimentales, aunque sin estar concebido para principiantes (Pickering, 1993).

Los manuales de laboratorio de esta etapa, como muestran García-Belmar *et al.* (2005), comenzaron a traducir la práctica científica al lenguaje didáctico, sin modificar su carácter prescriptivo ni el control docente sobre la experiencia. El laboratorio seguía siendo, ante todo, un espacio para la producción de conocimiento y la formación de científicos.

En paralelo, surgieron experiencias singulares como los laboratorios portátiles (*chemistry sets*), comercializados desde fines del siglo XVIII como objetos de entretenimiento doméstico. Familias acomodadas los utilizaban para demostraciones químicas en reuniones sociales, combinando curiosidad científica y espectáculo ilustrado (Smeaton, 1966). Aunque sin un fin pedagógico sistemático, constituyen un antecedente relevante del laboratorio miniaturizado que más tarde se incorporaría a la educación formal (Wise, 2006). Suay-Matallana y Bertomeu Sánchez (2016) vinculan estos dispositivos con los espectáculos de química del siglo XVIII, que transformaron el asombro en un recurso para la divulgación. Werrett (2012) añade que las tensiones entre

ciencia, poder y espectáculo en los laboratorios del siglo XVIII dejaron huellas en los modelos educativos posteriores.

c) Período: Actividad escolar

Marca la incorporación del laboratorio como espacio específicamente diseñado para la enseñanza. Hacia finales del siglo XVIII comenzaron a construirse laboratorios con fines pedagógicos, especialmente en instituciones de formación técnica y profesional. Durante el siglo XIX, este modelo se consolidó y, ya en el siglo XX, se extendió masivamente en la enseñanza universitaria de la química.

Los trabajos prácticos de laboratorio adquirieron la función de ilustrar o demostrar los contenidos teóricos, muchas veces a través de actividades estandarizadas de tipo receta. Esta modalidad reforzó la clásica división entre teoría y práctica, consolidando al laboratorio como una forma de clase con objetivos didácticos claramente diferenciados, pero también fuertemente estructurados. En algunos contextos, incluso se desarrollaron estilos locales de enseñanza práctica, como los analizados por Cueto (1994) en el ámbito de la fisiología argentina.

Un ejemplo relevante de esta etapa es el *Manuel d'un Cours de Chimie* (Manual de un curso de Química) de Lestrange, publicado en 1799, considerado uno de los primeros textos sistemáticos para la enseñanza de prácticas químicas. Su estructura detallada permitía estandarizar las actividades experimentales y replicarlas incluso en ausencia del docente, ya que estaban pensadas para ser ejecutadas por auxiliares o estudiantes. Este modelo inspiró la creación de cátedras prácticas en Francia, Inglaterra y otros países. Más adelante, textos como el de Millikan, publicado en 1902, continuaron esta tradición, ofreciendo descripciones paso a paso de experimentos escolares (Garritz, 2010).

García-Belmar *et al.* (2005) señalan que, si bien estos manuales facilitaban el acceso a la experimentación, reforzaban modelos pedagógicos prescriptivos con escasa autonomía estudiantil.

La expansión internacional del laboratorio escolar asumió formas diversas. En Estados Unidos, la enseñanza experimental en Química se popularizó durante la segunda mitad del siglo XIX (Fay, 1931). En los Países Bajos, se integró a la formación de jóvenes comerciantes para evaluar la calidad de las mercaderías (Galagovsky, 2007). En Gran Bretaña, las tensiones entre una ciencia “para las masas” y una ciencia “pura” para las

élites condicionaron su incorporación curricular (Bekerman *et al.*, 2012). Brock (2017) documenta en detalle el diseño de laboratorios escolares británicos entre 1830 y 1920, evidenciando la variedad de funciones asumidas en distintas instituciones.

Simon y Cuenca-Lorente (2012) mostraron cómo la cultura material de los laboratorios escolares (colecciones de instrumentos, vitrinas, bancos y dispositivos experimentales) no solo cumplía una función didáctica, sino que daba forma a una identidad escolar ligada a la ciencia moderna.

A lo largo del siglo XIX, los *chemistry sets* comenzaron a adquirir un nuevo rol: fueron integrados progresivamente a las escuelas como equipamiento para prácticas de laboratorio, especialmente en instituciones técnicas y secundarias. Su formato accesible y estandarizado permitía dotar de recursos experimentales a contextos escolares que no contaban con laboratorios permanentes (Jensen, s.f., Wise, 2006). Suay-Matallana y Bertomeu Sánchez (2016) interpretan esta transición desde los espectáculos de química del siglo XVIII hacia los *chemistry sets* como una forma de popularización que transformó el asombro en una herramienta de enseñanza formal.

Esta lógica persiste incluso en políticas educativas más recientes: en la década de 1990, en Argentina, se promovió la compra de sets especialmente diseñados para la enseñanza de la Química, destinados a escuelas secundarias como parte de planes de equipamiento estatal. Así, un objeto nacido como espectáculo burgués se transformó en dispositivo didáctico masivo.

En la Figura 20 se presenta una secuencia visual que permite reflexionar sobre la evolución de los dispositivos portátiles de química y los sentidos pedagógicos, culturales y comerciales que han adquirido en distintos momentos históricos: desde la caja portátil de reactivos diseñada por Göttling a fines del siglo XVIII, pensada para la enseñanza itinerante y la formación profesional, pasando por el uso de la química como espectáculo y saber público en el siglo XIX (como lo ilustra la caricatura de Accum), hasta los kits comercializados en el siglo XXI.



Figura 20. Evolución de los chemistry sets en distintos contextos y momentos históricos. Arriba) Caricatura coloreada de Thomas Rowlandson representando una clase pública de química a cargo de Friedrich Accum en la Surrey Institution, c. 1810; Abajo a la izquierda) Versión francesa del Portable Chest of Chemistry de Götting (finales del siglo XVIII), actualmente en el Smithsonian Institution; Abajo a la derecha) Kit comercial de química para niños: Thames & Kosmos Chemistry C500 (siglo XXI).

Por otra parte, la historiografía reciente ha puesto de relieve el papel del laboratorio no solo como escenario físico sino como artefacto cultural. En esta línea, Fors *et al.* (2016) discuten cómo la reproducción de experimentos históricos puede convertirse en una vía de acceso al conocimiento del pasado, rescatando el valor epistemológico de las prácticas materiales como fuentes para la historia de la ciencia.

Esta lectura histórica del laboratorio como dispositivo pedagógico permite recuperar sus transformaciones materiales e institucionales, así como los sentidos que se han construido en torno a la enseñanza experimental en Química. Las tensiones históricas,

entre práctica y teoría, demostración y autonomía, espectáculo y ciencia, anticipan debates actuales sobre su lugar en la formación química. Como señalan Talanquer (2009) y Schummer (1997), la química se ha constituido históricamente como una ciencia de la transformación, atravesada por dimensiones técnicas, creativas y simbólicas, y el laboratorio sigue siendo un escenario central donde estas dimensiones se visibilizan y negocian.

En esta línea, Sjöström y Talanquer (2014) sostienen que avanzar hacia enfoques más críticos y humanistas en la enseñanza de la química requiere también una revisión de los espacios en que se enseña. Desde esta perspectiva, el laboratorio no puede ser entendido solo como un entorno técnico, sino como un espacio cargado de sentido cultural, epistemológico y pedagógico.

Los desarrollos más recientes del modelo consensuado del CDC (Rodríguez & Towns, 2019) amplían el conocimiento sustantivo para incluir la historia, los modos de validación y la naturaleza de la ciencia, lo cual otorga un nuevo valor a este tipo de análisis histórico.

A continuación, se presentan las conclusiones del Estudio I-A, que integran los principales hallazgos de este análisis.

4.2.3 Conclusiones parciales del Estudio I-A. El laboratorio de química a lo largo de la historia

El análisis bibliográfico permitió identificar un vacío relativo en la literatura sobre la historia del laboratorio como espacio específico para la enseñanza de la Química. La periodización propuesta, *preciencia, ciencia y actividad escolar*, vincula la evolución del laboratorio con transformaciones sociales, económicas y educativas, en particular con el impacto de la primera revolución industrial y la necesidad de formar personal capacitado para tareas de control de calidad.

Si bien los primeros laboratorios con fines educativos comenzaron a implementarse hacia fines del siglo XVIII, su institucionalización se consolidó desde finales del siglo XIX y a lo largo del siglo XX. A pesar de los cambios en los contextos y en los marcos curriculares, muchos de los rasgos iniciales persisten en la actualidad. Este estudio aporta un marco histórico que contextualiza las formas contemporáneas del laboratorio

en la enseñanza de la Química y abre nuevas líneas para comprender sus características y dinámicas actuales.

El segundo momento del Estudio I se centró en el análisis de clases prácticas actuales de QI en una universidad pública argentina, describiendo las formas que adopta el laboratorio en el presente. En este caso se trabajó con materiales curriculares, registros institucionales y observaciones de clase para identificar regularidades en la organización del trabajo experimental y los vínculos entre recursos materiales, decisiones didácticas y jerarquías docentes.

4.2.4 Resultados del Estudio I-B: Caracterización de las prácticas educativas en el contexto de un laboratorio universitario de química

Este apartado presenta los resultados del Estudio I-B, orientado a describir y analizar las prácticas educativas en el contexto del laboratorio de la asignatura QI de la FBCB-UNL. Tal como se indicó en la metodología, se observaron clases a lo largo de un cuatrimestre completo, y se seleccionaron tres momentos diferentes (inicio, intermedio y final) para cada uno de los tres grupos analizados. Si bien se registraron y analizaron nueve clases en total, se decidió presentar aquí en profundidad una actividad experimental representativa, correspondiente a la familia del azufre, por su carácter paradigmático. Esta experiencia resultó especialmente relevante porque condensa los principales rasgos observados en las demás actividades, permitiendo ilustrar las lógicas de intervención docente, el uso de recursos, las formas de participación de las y los estudiantes y los modelos subyacentes de enseñanza y ciencia. A partir de este ejemplo, se construye una caracterización general del tipo de prácticas desarrolladas en el laboratorio universitario durante el período relevado.

Los resultados se organizan en tres secciones. En primer lugar, se describen los recursos didácticos empleados por el equipo docente y las y los estudiantes. A continuación, se presenta una descripción general de las clases observadas, incluyendo aspectos organizativos y dinámicas habituales. Por último, a partir del análisis en profundidad de una actividad experimental seleccionada como caso modelo se caracterizó el tipo de prácticas que predominan en este laboratorio universitario.

Recursos didácticos para la enseñanza de la Química en un laboratorio universitario

Para el desarrollo de las clases integradas de QI, los estudiantes contaban con materiales didácticos especialmente diseñados por el equipo docente del DQGI. Entre ellos, se destacó la “*Guía del alumno*” (figura 21 a la izquierda), distribuida al inicio del cuatrimestre mediante el reservorio digital del aula virtual. Esta guía presentaba una secuencia de actividades organizadas por clase (figura 22), e incluía:

- breve desarrollo expositivo de algunos contenidos teóricos introductorios,
- actividades de lápiz y papel orientadas a la recuperación de saberes previos, la resolución de problemas o la predicción de reacciones,
- y actividades experimentales, donde se describía la técnica operatoria a desarrollar y se solicitaba su justificación mediante reacciones químicas y cálculos con datos termodinámicos.

Durante las clases, la mayoría de las actividades eran desarrolladas por las y los estudiantes y, en algunos casos, quedaban como tarea para el hogar.

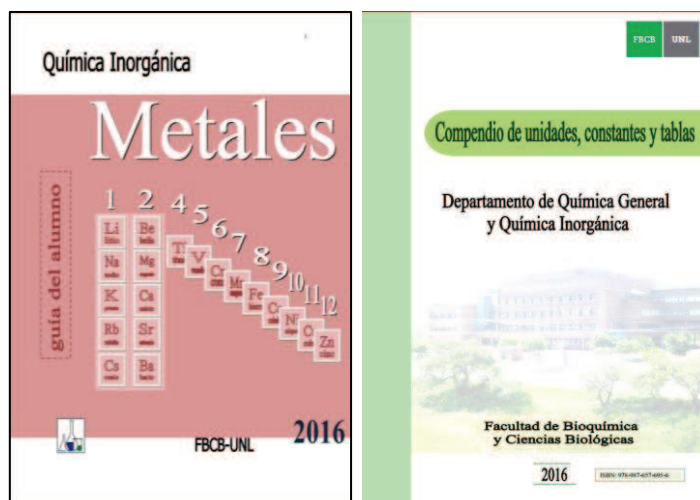


Figura 21. Carátulas de los materiales de las y los alumnos diseñadas por el equipo docente de DQGI para acompañar las clases integradas

Además de las guías, tanto estudiantes como docentes utilizaban de forma permanente un *Compendio de unidades, constantes y tablas* (figura 21 a la derecha), que incluía valores tabulados de potenciales redox, constantes de equilibrio, entalpías estándar, entre otros (Húmpola *et al.*, 2011). El uso de este compendio era sistemático: era requerido para justificar experimentalmente los resultados observados, interpretar fenómenos químicos y resolver actividades tanto teóricas como experimentales.

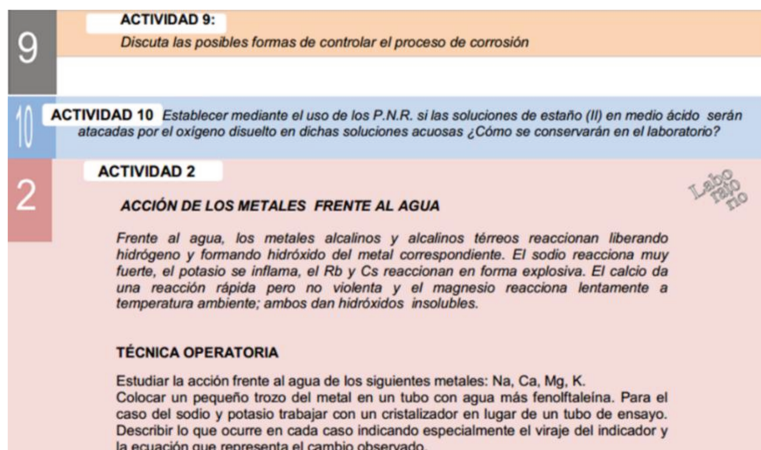


Figura 22. Actividades de la “Guía del alumno”, de arriba abajo: actividad que recupera los contenidos teóricos; ejercitación de lápiz y papel; y actividad de laboratorio.

Todas y todos los docentes contaban, por su parte, con una “*Guía del docente*” (figura 23), que desarrollaba los contenidos de cada actividad a abordar durante la clase, tanto la resolución completa de los ejercicios teóricos y de lápiz y papel, como también indicaba los resultados esperados en las actividades experimentales de laboratorio y detallaba las formas de resolución de cada una de las actividades. Este material también era elaborado por el equipo del DQGI, especialmente por docentes con mayor jerarquía. El material de la *guía del docente* (figura 23) se proyectaba sobre el pizarrón y constituía el principal eje organizador de las clases, tanto para las y los docentes como para las y los estudiantes, quienes contaban con las consignas en su propia *guía*.

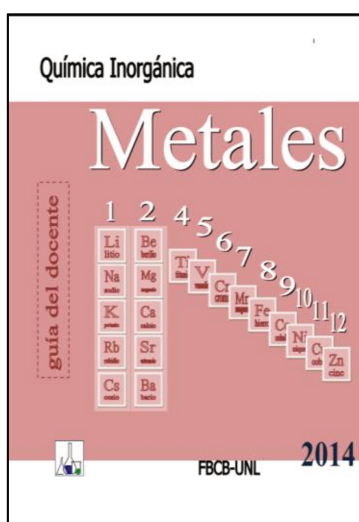


Figura 23. Carátula de la guía del docente diseñada por el equipo del DQGI para acompañar las clases integradas.

Este conjunto de recursos definía no solo los contenidos y procedimientos de enseñanza, sino también los modos de participación esperados de las y los estudiantes (y de las y los docentes), quienes debían recurrir a estos materiales para resolver ejercicios, plantear reacciones y calcular propiedades a partir de datos tabulados. El tipo de tareas propuestas en la guía, así como las modalidades de intervención docente observadas, se organizaban en estrecha relación con estos dispositivos didácticos.

Estas guías no solo establecían la secuencia de actividades y contenidos, sino que también delineaban el tipo de conocimiento legítimo en el aula, jerarquizando ciertas formas de justificación (por ejemplo, el uso del compendio) y reduciendo otras (como la exploración empírica o la problematización de errores).

Organización y dinámica general de las clases de laboratorio

Esta parte del estudio se llevó a cabo durante el ciclo lectivo 2015. El escenario correspondió a las clases de laboratorio de la asignatura QI, enmarcada en el primer año de estudios de las carreras de Bioquímica, Licenciatura en Biotecnología, Licenciatura en Saneamiento Ambiental, Tecnicatura y Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo y Tecnicatura Universitaria en Salud Ambiental.

Estas clases se realizaban dos veces por semana, con una carga horaria total de seis horas y media (una clase de tres horas y otra de tres horas y media), y formaban parte de una propuesta institucional que el equipo docente denominaba *clases integradas* (ci), en las que se combinaban actividades de lápiz y papel con actividades experimentales.

El total de estudiantes inscriptos se distribuían en grupos de 40 a 50 alumnos en las llamadas *comisiones* a cargo de un equipo docente compuesto por tres o cuatro integrantes, entre quienes se encontraba al menos un docente novel. La planificación general de las clases, incluyendo la secuencia de actividades y los contenidos a abordar, era definida por un grupo reducido de docentes de mayor jerarquía. Los equipos que llevaban adelante cada clase conocían de antemano la propuesta para cada encuentro y disponían de las guías correspondientes, pero contaban con cierto margen para modificar el orden de presentación o enfatizar determinados aspectos según su criterio.

Durante las clases, las actividades se desarrollaban en una secuencia pautada que alternaba momentos expositivos por parte del equipo docente con instancias de trabajo individual o grupal por parte de las y los estudiantes. Las *actividades de lápiz y papel*,

que consistían en ejercicios de aplicación, resolución de problemas, o recuperación de contenidos teóricos, se intercalaban con las actividades experimentales, que eran realizadas, mayoritariamente, por las y los estudiantes en grupos pequeños, en las mesadas del laboratorio. A modo de ejemplo, en la tabla 33 se muestra una actividad de cada tipo.

Tabla 33. Tipo de actividades encontradas en la guía del alumno de QI de la FBCB – UNL

Tipo de Actividad		Ejemplo
De lápiz y papel	Teórica	<p><i>“Es posible que todos los compuestos de carbono de la naturaleza provengan del CO₂ atmosférico.</i></p> <p><i>Complete y explique brevemente el ciclo del dióxido de carbono en la naturaleza.”</i></p>
	Resolución de ejercicios y problemas	<p><i>“Cuáles serán los pH de precipitación de los siguientes cationes en solución acuosa 1 10⁻³M. ¿Cuál será el rango de acidez donde es posible mantener tales cationes en solución sin que precipiten?</i></p> <p><i>a) Mn²⁺ b) Fe²⁺ c) Ni²⁺ d) Cu²⁺ e) Fe³⁺”</i></p>
Experimental		<p><i>“Tratar 20 gotas de disolución de ZnSO₄ y CdSO₄ con 2 a 3 gotas de NaOH 6M. Separar los precipitados obtenido en dos porciones. Adicionar a una ellas, exceso de disolución de NaOH 6M y tratar la otra porción con HCl 6M.</i></p> <p><i>Interpretar lo observado mediante reacciones adecuadas y justificar con los datos termodinámicos correspondientes.”</i></p>

Las y los docentes solían iniciar cada actividad indicando el número correspondiente en la guía y ofreciendo una breve explicación de los fundamentos teóricos, las técnicas operatorias implicadas y los recaudos de seguridad. En algunos casos, se utilizaban esquemas proyectados o dibujados en el pizarrón para organizar visualmente la secuencia experimental; cuando la complejidad de la actividad experimental lo ameritaba, estos esquemas adoptaban la forma de diagramas de flujo, en los que se incluían los materiales, los reactivos y también la variable del tiempo. Previo a la realización de las experiencias, el equipo docente recorría las mesadas para verificar la preparación de los materiales y asistir en la organización del trabajo.

Durante el desarrollo experimental, las y los estudiantes trabajaban en grupos reducidos (de dos o tres integrantes), generalmente de pie alrededor las mesadas. El equipo docente se desplazaba por distintos sectores del aula para responder consultas, supervisar el cumplimiento de las normas de bioseguridad y controlar que se llevaran a cabo las consignas establecidas.

En muchos casos, al finalizar la experiencia, las y los docentes retomaban lo observado por las y los estudiantes para explicitar los resultados esperables y proponer su justificación teórica mediante el uso del compendio de datos fisicoquímicos. En otras ocasiones, los resultados eran anticipados desde el inicio y las experiencias se utilizaban para ilustrarlos.

Las actividades planteadas en las guías, junto con la organización secuencial de la clase y la distribución de roles entre docentes y estudiantes, conformaban un modelo de enseñanza pautado, donde los márgenes para la exploración o el planteo de alternativas eran acotados. Esta organización estructurada se mantuvo constante a lo largo de las distintas clases observadas, independientemente del grupo de estudiantes o del equipo docente a cargo.

Análisis general de las clases observadas

Luego de caracterizar la organización general de las clases y los recursos empleados por docentes y estudiantes, se procedió al análisis sistemático del corpus. Éste, compuesto por nueve actividades experimentales seleccionadas a partir de tres momentos (inicial, intermedio y final) correspondientes a tres grupos diferentes, permitió identificar regularidades en las prácticas docentes desarrolladas en el contexto del laboratorio de QI.

Estas regularidades incluyeron:

- el modo en que se introducían las actividades experimentales,
- el rol que ocupaban los materiales didácticos en la organización de la clase,
- la distribución de funciones entre docentes según su experiencia,
- las formas de intervención durante el desarrollo de las actividades experimentales,
- y los tipos de justificación teórica requeridos una vez obtenidos los resultados.

Con el propósito de ilustrar estos hallazgos, se presenta a continuación el análisis detallado de una de las clases observadas, correspondiente al momento intermedio del cuatrimestre. La actividad seleccionada, centrada en el estudio del ácido sulfúrico, condensó de forma representativa los aspectos más significativos identificados en el resto del corpus. En la tabla 34 se presentan las actividades de la guía de laboratorio correspondientes a estos episodios. Las modalidades docentes observadas en esta clase se replicaron en las demás, tanto en términos de estructura como de estilo de intervención.

Tabla 34. Resumen de las actividades previas, texto de la guía del alumno de la actividad observada y resumen de las actividades posteriores

Actividades previas	Texto sobre la introducción teórica sobre las especies más representativas del estado de oxidación +6 del azufre y la obtención industrial del ácido sulfúrico. Actividad de resolución de lápiz y papel sobre balanceo de ecuaciones.
Actividad analizada	<p>“ACTIVIDAD 13</p> <p><i>a) Colocar en un vidrio de reloj, azúcar y agregar H_2SO_4 comercial.</i></p> <p><i>b) En dos tubos de vidrio colocar una granalla pequeña de Zn y virutas de Cu, respectivamente, agregar gotas de ácido sulfúrico diluido. Repetir la experiencia con Cu pero agregando ácido sulfúrico concentrado, calentar si es necesario.</i></p> <p><i>Interpretar mediante reacciones los cambios observados, justificándolas con apéndice numérico.” (Texto de la guía del alumno)</i></p>
Actividades posteriores	Actividades de lápiz y papel sobre carácter ácido-base y usos industriales del ácido sulfúrico.

Actividades previas

El episodio se inició con un texto que introducía teóricamente las especies más representativas del estado de oxidación 6+ del azufre y la obtención industrial del ácido sulfúrico. A continuación, se propuso una actividad de lápiz y papel orientada al balanceo de ecuaciones químicas. Estos momentos cumplieron una función de encuadre conceptual y recuperación de saberes previos.

Actividad experimental (Actividad 13 de la guía del alumno)

Esta actividad fue desarrollada en una secuencia previamente definida por la guía del alumno. La parte a), que consistió en demostrar el poder deshidratante del ácido, fue

llevada a cabo por la o el docente de mayor jerarquía como experiencia demostrativa. La parte b), en cambio, fue realizada por las y los estudiantes, en lo que podría caracterizarse como actividades de tipo “descubrimiento guiado”.

Durante la introducción, el equipo docente organizó la clase a partir de las indicaciones estipuladas en el material. Si bien todos las y los docentes conocían las actividades a desarrollar, se observó que la conducción del discurso recaía principalmente en el de mayor experiencia, quien se encargaba de articular las partes de la clase, integrar los aportes y vincular los resultados con los conceptos teóricos. Este docente también estaba atento al desarrollo de la clase en su conjunto, recuperando las observaciones de los estudiantes, ajustando los tiempos y asegurando la progresión didáctica.

En cambio, las y los docentes nóveles desempeñaron un rol más acotado y cercano a las y los estudiantes: se encargaron de acompañar los procesos de preparación en las mesadas, resolver dudas puntuales y supervisar la manipulación del material. Su intervención fue fundamental como apoyo operativo y comunicacional, pero no condujeron las explicaciones principales ni intervinieron en la justificación teórica final. Se identificaron además tres estilos docentes diferenciados según el modo de articular la actividad experimental con sus resultados:

- Docente D5 permitió que los estudiantes realizaran la actividad experimental sin anticipar los resultados, retomando luego las observaciones para conducir la justificación teórica mediante cálculos.
- Docente D4 acompañó la realización y retomó los datos observados, guiando a las y los estudiantes en la elaboración de resultados y aportando contexto a través de explicaciones adicionales.
- Docente D2 anticipó los resultados esperados antes de que la actividad experimental se llevara a cabo, señalando explícitamente lo que debía observarse y cómo debía justificarse.

A continuación, se muestra un esquema sencillo donde se resumen estos resultados respecto a la secuencia observada en el discurso de las explicaciones de las y los docentes a la hora de desarrollar actividades experimentales:

D5	Indicaciones experimentales → realización de la experiencia → elaboración de resultados → observación y registro de resultados esperables → justificación de resultados mediante cálculos termodinámicos
----	--

D4	Indicaciones experimentales → realización de la experiencia → observación y registro de datos → elaboración de resultados → justificación de resultados mediante cálculos termodinámicos.
----	---

D2	Indicaciones experimentales → enunciación de resultados esperables realización de la experiencia → observación de resultados esperables → justificación de resultados mediante cálculos termodinámicos
----	---

En los tres casos, la justificación de los resultados se realizó con apoyo en el compendio de datos fisicoquímicos, incluyendo el cálculo de constantes, potenciales y, en algunos casos, entalpías. Cuando los resultados obtenidos por los estudiantes no coincidieron con los esperados, los docentes indicaron cómo corregir la experiencia (agregando reactivos, repitiendo, calentando), sin considerar la diferencia como una oportunidad para discutir posibles variables o errores.

Actividades posteriores

Una vez concluida la actividad experimental, la clase continuó con actividades de lápiz y papel centradas en el carácter ácido-base y los usos industriales del ácido sulfúrico. Estas actividades retomaron contenidos teóricos y cerraron el recorrido propuesto por la guía para esa clase.

El análisis de esta secuencia, en diálogo con el resto de las clases observadas, permitió reconocer un conjunto de patrones que se repitieron en distintos momentos y comisiones. Estos patrones, que combinan una estructura planificada con matices propios de cada docente, se presentan a continuación.

En términos generales, las intervenciones docentes frente a resultados no esperados respondieron a una lógica de corrección más que de exploración. Por ejemplo, cuando algún grupo de estudiantes no obtenía el resultado previsto durante una actividad experimental, las y los docentes solían intervenir para indicar cómo alcanzarlos, ya fuera mediante el agregado de una mayor cantidad de reactivo, el uso de calor o la

repetición del procedimiento. Estas intervenciones no se orientaban a discutir la validez del procedimiento realizado ni a analizar posibles errores experimentales, sino que buscaban conducir a las y los estudiantes hacia la obtención del resultado considerado como “el correcto” en la guía.

Finalizadas las actividades experimentales, las y los docentes retomaban lo observado en clase para realizar una justificación teórica mediante cálculos termodinámicos. En los casos observados, D4 y D5 integraban en su discurso las observaciones realizadas por las y los estudiantes, mientras que D2 verificaba que se hubiera llegado al resultado previamente anticipado, utilizando ese resultado como base para la explicación teórica. Estas diferencias en la práctica docente se evidenciaron en las tres clases analizadas, aunque resultaron más marcadas en la actividad expositiva sobre el poder deshidratante del ácido sulfúrico. En esa instancia, D2 no solo llevó adelante la experiencia en forma demostrativa, sino que además informó con anterioridad cuál sería el resultado observable y cuál su justificación, indicando expresamente qué debía verse y cómo debía explicarse.

La manera en que se explicaban y secuenciaban las actividades experimentales reveló diferencias leves entre las y los docentes, dentro de un marco común de enseñanza guiada. Aunque cada docente introdujo matices en su forma de conducir la clase, predominó un enfoque donde la experiencia de laboratorio no habilitaba espacios de exploración autónoma ni de construcción compartida del conocimiento. La poca autonomía conferida a las y los estudiantes, la rigidez en la propuesta presente en las guías y la búsqueda de resultados esperables dieron cuenta de un modelo de ciencia áulica en el que el conocimiento aparece como cerrado y acabado. La práctica experimental, en este marco, cumplió la función de ilustración o comprobación de saberes previamente establecidos, y no como un espacio para la formulación de interrogantes, contraste de hipótesis o construir explicaciones desde la indagación.

En cuanto a la formación docente, los tres profesores compartieron un perfil académico y profesional semejante y desarrollaron sus clases de manera similar. Sin embargo, se destacó el caso de D4, quien incorporó más recursos durante sus explicaciones y contextualizó las actividades experimentales en relación con aplicaciones o fenómenos de la vida cotidiana. Este uso ampliado del discurso docente no alteró sustancialmente la lógica general de la clase, pero sí permitió establecer una mayor conexión entre el saber químico y su función explicativa.

La composición de los equipos docentes respondía a un patrón habitual en el nivel universitario: las y los profesores con mayor jerarquía y trayectoria disciplinar asumían la conducción del discurso y la articulación general de la clase, mientras que quienes estaban en formación (en etapas iniciales de su carrera o en posgrados) se ocupaban de tareas de acompañamiento y supervisión directa del trabajo en las mesadas. Este reparto, coherente con las trayectorias académicas, también evidencia que la formación docente específica en química, a menudo limitada o centrada solo en la dimensión disciplinar, se traduce en prácticas pedagógicas acotadas, con escasas oportunidades para fomentar el desarrollo explícito del CDC o promover la autonomía didáctica.

En la práctica, esta organización convertía cada clase en un engranaje preciso: la teoría introducía los conceptos, las guías marcaban el ritmo de trabajo y las experiencias servían para comprobar lo previsto. De este modo, la estructura no solo ordenaba tiempos y contenidos, sino que también definía qué significaba, en este contexto, “aprender química”: aplicar fórmulas, ejecutar protocolos y justificar resultados de acuerdo con el compendio.

El análisis del corpus mostró un patrón estable de organización de las prácticas docentes en el laboratorio: actividades estructuradas en torno a guías cuidadosamente elaboradas, combinando momentos expositivos y experimentales, y apoyadas en recursos que aseguraban coherencia y continuidad. Este patrón histórico instala un modo de organizar la enseñanza que luego se ve declarado en los resultados del Estudio II-A y confirmado en los del Estudio II-B.

En línea con lo planteado por Bond-Robinson (2005) sobre el CDC, los docentes demostraron un control preciso del tiempo, del lenguaje químico y de la conducción de las experiencias, como se observó, por ejemplo, en la coordinación de la actividad sobre el ácido sulfúrico, donde se integraron los aportes de los estudiantes en la justificación final. Sin embargo, estas estrategias no siempre incluyeron instancias para que los estudiantes elaboraran explicaciones propias o confrontaran críticamente los resultados obtenidos. Desde la perspectiva de Perkins (1995), el aprendizaje se situó mayoritariamente en niveles de aplicación y ejecución (de protocolos, cálculos y justificación mediante el compendio) sin avanzar con frecuencia hacia comprensiones más profundas o transferibles.

Las experiencias prácticas se desarrollaron siguiendo un modelo en el que los resultados previstos funcionaban como referencia central. En lugar de abrir un espacio para discutir las posibles causas de los desvíos, las intervenciones docentes solían orientarse a reconducir la experiencia hasta alcanzar el resultado esperado (Reigosa & Jiménez Aleixandre, 2000; Sjöström *et al.*, 2020). Esta orientación, en línea con un enfoque verificacional, limitó las oportunidades de exploración autónoma y de análisis crítico de los procedimientos.

Desde los niveles representacionales propuestos por Johnstone (1982, 1993), se observó una fuerte presencia del nivel simbólico, expresada en el uso constante de ecuaciones químicas y cálculos con datos tabulados y del nivel macroscópico de la praxis, visible en la ejecución de las técnicas experimentales y en la observación de resultados (Sánchez *et al.*, 2021). En cambio, el nivel submicroscópico, clave para interpretar los fenómenos desde modelos de partículas, tuvo escasa explicitación en las intervenciones docentes. Esta fragmentación, documentada en la literatura (Gilbert & Treagust, 2009, Taber, 2013, Talanquer, 2011), se mantuvo incluso en un contexto como el laboratorio, a pesar de su potencial para favorecer explicaciones integradoras.

La dinámica de trabajo evidenció una distribución de funciones alineada con la jerarquía académica: las y los docentes de mayor experiencia conducían el discurso didáctico y la articulación de las actividades, mientras que las y los nóveles se encargaban del acompañamiento operativo cercano a los estudiantes (Caballero & Bolívar, 2015). Si bien este esquema aseguró coherencia en la implementación de las clases, también redujo las oportunidades de que las y los docentes en formación ejercitaran la toma de decisiones pedagógicas más complejas.

Desde esta perspectiva, las prácticas observadas reflejaron un conocimiento profesional orientado a la planificación secuencial de las clases, al dominio del contenido disciplinar y a la regulación del trabajo experimental, aunque con escasa presencia de estrategias dirigidas a promover la reflexión crítica o la construcción compartida del conocimiento.

Estos hallazgos muestran elementos que coinciden con patrones históricos en la enseñanza de la química, cuya relación con el Estudio I-A se retomará en las conclusiones para profundizar el análisis comparativo.

4.2.5 Conclusiones parciales del Estudio I-B

El Estudio I-B permitió alcanzar de manera articulada los objetivos propuestos, aportando una mirada situada sobre las prácticas educativas desarrolladas en el laboratorio universitario de QI. A lo largo del cuatrimestre analizado, se caracterizaron en detalle las actividades realizadas por estudiantes y docentes, en un contexto institucional real y con condiciones propias de la enseñanza universitaria.

En primer lugar, se documentó una propuesta didáctica cuidadosamente planificada, sostenida por materiales específicos (como guías de clase y compendios) que estructuraron la secuencia de actividades y organizaron los contenidos a abordar. Estos recursos, diseñados por el equipo docente, aseguraron coherencia en el desarrollo de las clases y evidenciaron un enfoque profesional consistente.

En segundo lugar, se observó una distribución de funciones alineada con la jerarquía académica: las y los docentes de mayor experiencia condujeron el discurso central y articularon la progresión de contenidos, mientras que las y los docentes nóveles acompañaron el trabajo en las mesadas y brindaron apoyo operativo. Este esquema aportó estabilidad al desarrollo de las clases, pero redujo las oportunidades de participación de las y los docentes en formación en decisiones didácticas de mayor complejidad.

Por último, se confirmó que las experiencias prácticas respondieron a un enfoque verificacional: los resultados previstos en las guías funcionaban como referencia central y, ante desvíos, las intervenciones docentes se orientaban a reconducir el procedimiento hasta alcanzar el dato esperado. Este planteo priorizó la obtención del resultado correcto por sobre la exploración de causas o la discusión de errores, limitando las oportunidades para promover habilidades indagatorias y reflexivas. El conocimiento científico se presentó como un cuerpo cerrado a verificar, más que como una construcción abierta a la indagación. Subyace entonces una concepción de ciencia próxima a una epistemología positivista.

Estos hallazgos dialogan con las tendencias históricas documentadas en el Estudio I-A, que había señalado la consolidación del laboratorio como espacio de transmisión y validación, más que de construcción activa del conocimiento. La articulación entre ambos subestudios muestra una continuidad estructural de larga data, en la que el laboratorio, incluso en propuestas pedagógicas integradas, mantiene una lógica de

ilustración y confirmación. Este patrón debe entenderse como resultado de tradiciones académicas consolidadas que modelan la enseñanza de la química en el ámbito universitario.

En suma, el Estudio I-B ofrece una base empírica sólida para comprender cómo se construyen y reproducen estos modelos de enseñanza, habilitando el análisis posterior del saber profesional que los sustenta. El CDC, eje central de los Estudios II y III, será abordado a partir de las voces de las y los propios docentes y de la documentación de sus decisiones pedagógicas en acción.

4.2.6 Conclusiones del Estudio I

El Estudio I integró dos perspectivas complementarias para comprender el laboratorio como espacio didáctico en la enseñanza de la química:

1. Un análisis histórico-documental (I-A) que reconstruyó las formas y sentidos del laboratorio desde sus orígenes artesanales hasta su consolidación como forma escolar.
2. Un estudio situado en prácticas reales (I-B) que describió y analizó el modelo de enseñanza vigente en un laboratorio universitario de QI.

En el Estudio I-A se identificaron tres grandes períodos, *preciencia*, *ciencia* y *actividad escolar*, que permiten interpretar la trayectoria histórica del laboratorio. Esta evolución estuvo marcada por transformaciones sociales, institucionales y epistemológicas que definieron sus finalidades, desde la producción de saberes hasta la transmisión de conocimientos estandarizados.

El Estudio I-B, por su parte, documentó prácticas actuales caracterizadas por coherencia organizativa y sostenimiento profesional. El laboratorio se configuró como espacio de aplicación y validación de contenidos teóricos, apoyado en materiales cuidadosamente diseñados, una secuencia planificada de actividades y una distribución jerárquica de roles docentes. Sin embargo, el análisis también mostró límites estructurales para el desarrollo de experiencias de indagación, exploración autónoma o construcción compartida del conocimiento.

La integración de ambos subestudios revela una notable continuidad entre las lógicas históricas que dieron forma al laboratorio como forma escolar y las prácticas que hoy lo sostienen en la universidad. En particular, se mantiene un patrón

ilustrativo-verificacional, donde las experiencias experimentales se organizan en torno a resultados esperables y la intervención docente se orienta al control del procedimiento más que a la problematización del saber. Este patrón, más que una decisión individual, responde a una tradición académica consolidada que otorga al laboratorio un lugar subordinado a la transmisión del conocimiento disciplinar.

En conjunto, el Estudio I sienta las bases para el desarrollo de los análisis centrados en el CDC. Comprender las prácticas históricas e institucionales del laboratorio permite ahora avanzar hacia el estudio del saber profesional de los docentes, sus decisiones pedagógicas y las formas en que estructuran la enseñanza de la química en contextos reales. Este paso del “qué se hace” al “cómo se piensa lo que se hace” será el eje central del Estudio II.

4.3 Resultados del Estudio II. El conocimiento didáctico del contenido en clases de laboratorio de Química Inorgánica

Este segundo giro analítico en la estructura espiralada de la tesis retoma los aportes del Estudio I-B para avanzar hacia una comprensión más situada de las prácticas docentes en el laboratorio universitario. Desde una mirada metodológica, este momento de la espiral permite articular las condiciones institucionales previamente analizadas con las decisiones concretas que las y los docentes ponen en juego al enseñar Química en contextos experimentales. El foco se desplaza desde el entorno institucional hacia los saberes profesionales que lo habitan, manteniendo el anclaje en una perspectiva situada y progresiva.

En este marco, el Estudio II se centra en el análisis del CDC, entendido como el conjunto de saberes que articulan lo disciplinar con lo pedagógico. A través de dos subestudios complementarios, uno basado en registros escritos y otro en observaciones de clases reales, se exploran tanto las concepciones declaradas como las prácticas efectivas de docentes de QI.

4.3.1 Introducción a los resultados del estudio II

A partir de los aportes del Estudio I-B, que permitió caracterizar las características institucionales propias en las que se desarrollan las clases de laboratorio, en este estudio se aborda el Objetivo II de la presente tesis: describir y analizar las prácticas educativas de docentes universitarios en clases prácticas y experimentales en el laboratorio de QI. A partir de este objetivo, se diseñó una estrategia metodológica que permite explorar el CDC tanto en su dimensión declarativa como en su manifestación en la práctica.

Para ello, se desarrollaron dos subestudios complementarios. El Estudio II-A se centró en el análisis de registros escritos completados por docentes de la asignatura, mediante una ReCo modificada. Esta herramienta permitió recuperar las concepciones que los docentes sostienen sobre sus clases prácticas, los objetivos que orientan su enseñanza, los contenidos priorizados, las estrategias utilizadas y los modos de evaluación. El análisis se organizó en torno a las nueve preguntas que estructuran la ReCo, y permitió identificar regularidades, tensiones y contrastes entre los participantes.

El Estudio II-B, por su parte, se basó en la observación no participante de clases reales de laboratorio, con el propósito de acceder a las prácticas efectivas de enseñanza y

analizar cómo se manifiesta el CDC en acción (CDCa). Para este estudio se seleccionaron casos de docentes con diferentes trayectorias (novatos, intermedios y expertos), lo que permitió contrastar estilos, decisiones y modos de intervenir en situaciones concretas de enseñanza.

La triangulación entre lo declarado y lo observado permite construir una mirada más compleja sobre la enseñanza de la Química en el laboratorio universitario, y avanzar en la caracterización de los saberes profesionales que la sustentan, considerando tanto el saber disciplinar como el saber pedagógico situado.

4.3.2 Resultados del Estudio II-A: El CDC declarado sobre las clases de TPL

En este apartado se presentan los resultados alcanzados en el Estudio II-A, orientado a describir y analizar el CDC declarado por docentes universitarios de QI en relación con los TPL. Este estudio retoma las problemáticas delineadas en el Estudio I, focalizándose ahora en las concepciones y decisiones pedagógicas expresadas por las y los propios docentes a partir del instrumento ReCo.

El análisis inicial de los datos brindados por las y los docentes participantes (ver tabla 18) mostró una notable heterogeneidad en las trayectorias profesionales. La experiencia docente acumulada por los participantes varió entre 1 y 37 años, lo que da cuenta de la coexistencia de perfiles nóveles, intermedios y expertos dentro del mismo espacio de enseñanza. Como se observa en la figura 24 (gráfico izquierdo), más de la mitad del grupo (8) tenía entre 1 y 5 años de ejercicio, mientras que 4 contaban con más de 30 años. Este rango amplio permite explorar el CDC desde diferentes momentos del desarrollo profesional.

Respecto de la jerarquía docente (figura 24 a la derecha), la muestra también resultó diversa: 5 docentes pertenecían al nivel más alto de jerarquía (nivel 1), 6 al nivel intermedio (nivel 2) y 4 al nivel más bajo (nivel 3). Esta distribución permite analizar no solo la relación entre experiencia y CDC, sino también cómo las decisiones didácticas se vinculan con los distintos grados de responsabilidad dentro de las cátedras universitarias.

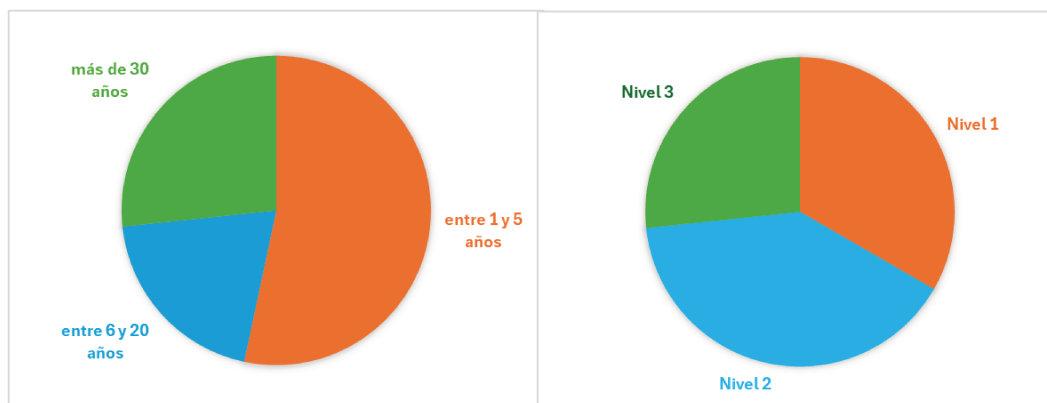


Figura 24. Distribución de los docentes participantes según: Años de ejercicio de los docentes participantes (izquierda) y Nivel de jerarquía del cargo (derecha).

Desde el punto de vista del género, participaron 10 mujeres y 5 varones, lo que se corresponde con una mayoría femenina en la muestra, en consonancia con la composición general de la población de la facultad.

Respecto de la formación de posgrado y la capacitación pedagógica, (7 de 15) declaró poseer con formación de posgrado, si bien no fueron las mismas personas, 7 docentes indicaron haber realizado capacitación específica en docencia universitaria. Esto señala una posible tensión entre la formación disciplinar y la formación pedagógica, dimensión relevante al analizar cómo se construye el CDC en este contexto.

Por último, cabe destacar que solo 5 docentes manifestaron participar en actividades de investigación, y 2 de ellos (D1 y D2) figuran como autores de las guías de TP utilizadas por la cátedra. Este dato resulta especialmente relevante, ya que podría estar asociado a un mayor nivel de implicación en los aspectos estructurantes de la enseñanza y en la producción de materiales curriculares.

A partir de esta caracterización general de la muestra, se presenta a continuación el análisis de las respuestas brindadas por los docentes al instrumento ReCo adaptado para este estudio, organizadas según las nueve preguntas que lo estructuran. Este desarrollo permite acceder al modo en que los participantes conciben los TP en el laboratorio y construyen su enseñanza a partir de diferentes dimensiones del CDC.

Preguntas 1 y 2. Desarrollo y objetivos de aprendizaje de los TP

Las preguntas 1 y 2 del instrumento ReCo estuvieron orientadas a indagar cómo se desarrollan y cuáles son los objetivos de aprendizaje propuestos por las y los docentes para las clases de TP en la asignatura. La mayoría de los participantes (11 de 15) indicó que la materia se organiza de manera integrada, combinando actividades teóricas, resolución de problemas y experiencias de laboratorio. Este enfoque se manifiesta tanto en la planificación como en el desarrollo de las clases, y responde a la intención de abordar de manera articulada contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Entre los objetivos de los TP declarados por las y los docentes, se destacó de forma reiterada el estudio de las propiedades, la obtención y la caracterización de sustancias inorgánicas. Estas actividades experimentales se presentan como una oportunidad para que las y los estudiantes puedan interpretar los fenómenos observados en el laboratorio a partir de modelos y fundamentos teóricos, tal como señaló D2:

“Estas actividades se presentan estructuradas y permiten correlacionar aspectos razonados desde los conceptos y el cálculo matemático para el estudio de la conducta química de las especies inorgánicas más relevantes.”

Otras docentes también hicieron referencia a la posibilidad de aplicar datos termodinámicos y ecuaciones químicas para interpretar los cambios macroscópicos:

“Además de lo experimental, los alumnos deben interpretar los cambios macroscópicos con reacciones y datos termodinámicos.” (D5)

“La justificación de las reacciones se basa en leyes comprobadas y hay constantes, potenciales y modelos que explican el comportamiento de las soluciones.” (D12)

Desde un plano más operativo, varias y varios docentes destacaron que los TP permiten adquirir habilidades técnicas asociadas a la manipulación de materiales e instrumentos, la formulación de ensayos, y el desarrollo de destrezas necesarias para desempeñarse en un laboratorio. Por ejemplo, D7 manifestó que:

“Se pretende que el estudiante adquiera las habilidades y destrezas necesarias para trabajar adecuadamente en un laboratorio de química.”

En coincidencia, D8 y D13 mencionaron la importancia de formar a las y los estudiantes en la manipulación instrumental, mientras que D9 y D14 enfatizaron que, para muchas y

muchos alumnos, las clases de TP representan su primer contacto real con un laboratorio, lo cual justifica una enseñanza guiada y con énfasis en la seguridad.

Respecto de los contenidos actitudinales, la mayoría de las respuestas también incluyó objetivos vinculados al trabajo en equipo, la responsabilidad y la construcción de una actitud científica. D3 condensó esta perspectiva al señalar:

“Que tengan actitud de ciencia para la resolución de distintos problemas.

Espíritu crítico y valores como solidaridad, trabajo en grupo y respeto.”

En la Figura 25 se transcribe su respuesta completa, que explicita tres dimensiones articuladas del aprendizaje: conceptual, procedimental y actitudinal.

- *Que aprendan sobre los #s elementos qcos, sus propiedades y usos.*
- *Que adquieran destrezas para manipular el material de laboratorio y la realización de ensayos simples.*
- *Que tengan actitud de ciencia para la resolución de distintos problemas. Espíritu crítico y valores como solidaridad, trabajo en grupo y respeto.*

Figura 25. Transcripción de la respuesta de D3 a la pregunta 2 de la tarea de lápiz y papel.

Del mismo modo, D8 expresó que se busca que las y los estudiantes *“asuman una actitud científica frente al estudio de una situación problema”* y que desarrollen *“una visión crítica y valores como el respeto, el trabajo en grupo, la solidaridad”*, mientras que D14 resaltó el rol del entusiasmo y del entorno social:

“El docente a cargo, los compañeros de clase y el incentivo de la familia influyen en el entusiasmo del alumno.”

En síntesis, las respuestas a estas preguntas revelan una mirada amplia sobre los objetivos de los TP, que va más allá de la simple adquisición de contenidos disciplinares. Las y los docentes declaran una intención formativa que incluye conocimientos teóricos, habilidades prácticas y valores profesionales. Si bien el grado de sistematicidad en la planificación puede variar, la mayoría reconoce la importancia del laboratorio como un espacio privilegiado para la construcción de sentido en el aprendizaje de la QI.

Pregunta 3. Concepciones docentes sobre el valor formativo de los trabajos prácticos

Al responder sobre la importancia de los contenidos que se enseñan en los TPL de su materia, varias y varios docentes evocaron a la teoría y consideraron a la práctica de laboratorio como subordinada a ella. Como señaló D6:

“Los TP de la asignatura consisten en relacionar lo aprendido en los conceptos teóricos y la parte práctica de cada tema.” (D6)

Este enfoque posiciona a la práctica como aplicación o ejemplificación de conocimientos ya abordados en otros espacios, más que como fuente autónoma de construcción de sentido. D7 reafirmó esta orientación:

“Comprender mejor la teoría desde la experiencia práctica.” (D7)

Dicha frase, si bien reconoce un valor epistémico a la experiencia, refuerza la centralidad de la teoría como origen y marco de comprensión de la práctica. Esta orientación también es visible en la respuesta de D5, quien expresó:

“Es importante relacionar los cambios ocurridos con la estructura química de cada compuesto y sus propiedades a los efectos de poder hacer predicciones en sistemas nuevos.” (D5)

En estos casos, el trabajo experimental se valora como oportunidad para consolidar aprendizajes teóricos previos o ampliar su aplicabilidad, sin asumir un rol generativo en la construcción del conocimiento.

Algunas respuestas introducen matices que permiten pensar una función más activa del laboratorio. D12 afirmó:

“Realizar la parte experimental le permite al estudiante poder plantear semejanzas con lo visto en la teoría y poder formular hipótesis acerca de lo que podría pasar.” (D12)

Esta declaración introduce un matiz: si bien el trabajo experimental está en diálogo con lo teórico, también habilita la formulación de hipótesis propias, en función de la observación directa de los fenómenos. Sin embargo, el foco permanece en el reconocimiento de patrones ya estudiados, más que en la exploración autónoma o la problematización.

Una excepción parcial a este predominio de la teoría aparece en la respuesta de D3, quien sostuvo:

“El estudio de los elementos y compuestos inorgánicos permite la aplicación de principios físicos y químicos de probable interés para la

aplicación en otras reacciones o estructuras que utilizarán en su futura profesión.” (D3)

Aunque aquí se menciona la utilidad de los contenidos prácticos para contextos futuros, lo hace en función de su aplicabilidad, es decir, como transferencia de conocimientos ya adquiridos, no como construcción situada de nuevos saberes. D13, por su parte, señaló:

“La incorporación de herramientas para la formulación de técnicas, que permitan posteriores diseños aplicados a problemas de interés en los alumnos.” (D13)

Si bien esta formulación abre una posibilidad de apropiación creativa por parte del estudiante, esta se ubica en un plano proyectivo (“posteriores diseños”) y no en el momento actual del TP.

En conjunto, para la mayoría de las y los docentes participantes, sin importar su nivel de experiencia, la relevancia del TP se fundamenta en su capacidad de afianzar lo aprendido o facilitar la comprensión de lo teórico, antes que en su potencial para generar nuevas preguntas, promover la problematización o construir conocimiento desde la experiencia directa. Esta visión implica una cierta subordinación epistemológica del laboratorio, lo que contrasta con las perspectivas que reconocen el valor del trabajo experimental como motor de indagación y construcción activa de significados, por ejemplo, en las propuestas de enseñanza por investigación o en los enfoques basados en el diseño de experiencias por parte de los estudiantes (Talanquer, 2009).

Este patrón de respuestas puede interpretarse, en parte, como efecto de las condiciones institucionales de enseñanza de la Química, en las que los tiempos reducidos, las cohortes numerosas y la rigidez curricular limitan las posibilidades de implementar prácticas exploratorias más abiertas. No obstante, también revela una concepción de la práctica como instancia de verificación o aplicación, que tensiona con las propuestas didácticas contemporáneas que reivindican el carácter heurístico del trabajo experimental.

Pregunta 4. Contenidos excluidos de los trabajos prácticos

Esta pregunta indagó sobre aquellos contenidos que quedan fuera del desarrollo de los TP en la asignatura. Más allá de ser un dato de planificación, esta información permite

observar qué se representa la o el docente como central o periférico dentro del campo de saberes que enseña. En otras palabras, permite una aproximación a su CDC, en particular a su comprensión de la estructura de la disciplina y sus decisiones sobre la transposición de contenidos al espacio práctico.

Las respuestas de las y los docentes se organizaron en tres posiciones diferenciadas:

1. Nada queda excluido

Una primera postura sostiene que todo lo que debe enseñarse, se enseña. Alguna y algunos docentes (D1, D4, D6, D9, D10, D11) declararon explícitamente que no excluyen contenidos en el marco del TP. Por ejemplo:

“Ninguno.” (D1, D4, D10)

Y en el caso de D9, si bien respondió “Ninguna”, también agregó una crítica hacia lo que debería haberse enseñado en niveles previos:

“Muy por el contrario, se les enseñan cosas que deberían haber aprendido bastante tiempo atrás.” (D9)

Esta observación sugiere un desplazamiento de contenidos que, idealmente, deberían haber sido abordados en etapas anteriores, lo que podría incidir en la planificación.

2. Se excluyen aplicaciones o usos específicos de ciertos contenidos

Un segundo grupo de docentes reconoció que hay contenidos que quedan por fuera del TP, y que estos son en general aplicaciones o desarrollos más profundos del tema. D2, incluyó:

“+ Aplicaciones biológicas.” (D2)

Por su parte, D7 escribió:

“Aplicaciones específicas de los temas desarrollados.” (D7)

En ambos casos, el énfasis está puesto en el límite del contenido abordado: se enseña lo central, y se deja fuera aquello que implicaría un desarrollo contextual o una profundización más allá del tiempo o del objetivo previsto.

En el caso de D3, la exclusión está ligada a la complejidad analítica de algunas técnicas:

“La cuantificación mediante técnicas analíticas para la caracterización de sustancias.” (D3)

D8 también planteó un criterio de exclusión vinculado a la profundidad o extensión de los temas:

“La complejidad en el abordaje de algunos temas cuya profundización excede las necesidades u objetivos del curso.” (D8)

Esta formulación muestra una toma de decisión explícita, en la que el docente evalúa lo que resulta relevante en función de los objetivos institucionales.

D11, en cambio, no respondió de forma estructurada a la pregunta, pero sí dejó en claro en su respuesta anterior que los TP sirven de base para desarrollar nuevos temas. Esta perspectiva puede leerse como una forma de compensar lo que queda fuera del TP: contenidos que se desarrollan luego a partir de la experiencia práctica.

3. Lo que se enseña, no debería enseñarse

Una respuesta llamativa es la de D5, quien invierte la lógica de la pregunta y en lugar de referirse a lo que queda fuera del TP, señala contenidos que sí se incluyen, pero no deberían incluirse, como las aplicaciones industriales. Según indica:

“No debería hacerse tanto énfasis en obtenciones industriales.” (D5)

Esta afirmación pone de manifiesto un desacuerdo con la selección de contenidos del equipo de cátedra, revelando así un aspecto del CDC que tiene que ver con la toma de postura crítica sobre qué enseñar y por qué. La docente reconoce como parte del curso algo que considera inadecuado para ese contexto, lo que sugiere tensiones entre decisiones individuales y acuerdos institucionales.

En síntesis, la pregunta 4 permitió observar cómo las y los docentes delimitan el campo de contenidos que abordan en los TPL. Para algunas y algunos, esta delimitación es totalizante: no se deja nada fuera. Para otras u otros, implica una selección estratégica que excluye aplicaciones específicas o temas de mayor profundidad analítica. Finalmente, hay quienes expresan un posicionamiento crítico respecto de contenidos que sí se enseñan, pero que consideran inadecuados. Estas respuestas permiten reconstruir diferentes formas en que las y los docentes entienden su responsabilidad sobre la selección y organización del contenido y dan pistas sobre su CDC en relación con los propósitos formativos, los criterios de pertinencia y el vínculo entre lo que se enseña y lo que se espera que la o el estudiante sea capaz de hacer.

Pregunta 5. Dificultades y limitaciones en la enseñanza de los trabajos prácticos

Esta pregunta buscó identificar las principales dificultades que enfrentan las y los docentes al enseñar con TP. Si bien la pregunta estaba orientada a recuperar elementos vinculados con la práctica de enseñanza, la mayoría de las respuestas se centró en aspectos relacionados con las y los estudiantes y sus desempeños, más que en decisiones didácticas propias o condiciones institucionales.

En particular, muchas y muchos docentes señalaron como principal obstáculo la falta de preparación previa de las y los estudiantes. D3 expresó:

“El escaso conocimiento y lectura previa que trae el alumno sobre el tema a desarrollar cada semana.” (D3)

Del mismo modo, D5 indicó:

“Nula transferencia de conocimiento a situaciones nuevas.” (D5)

Estas respuestas reflejan una mirada que deposita en la o el estudiante la causa de las dificultades, bajo la suposición de que su desempeño no alcanza el nivel requerido para aprovechar la propuesta. La afirmación de D1 refuerza esta tendencia con una valoración explícita de la actitud estudiantil:

“El alumno de nuestra carrera no toma conciencia de lo importante que son estos contenidos en su profesión.” (D1)

Este tipo de enunciados tiende a desplazar el foco de análisis desde la enseñanza hacia los aprendizajes no logrados, lo cual puede obstaculizar la reflexión sobre el propio CDC de la o del docente. La formulación “*el alumno no...*” se vuelve recurrente, como si el problema residiera en la falta de disposición, interés o formación previa de las y los estudiantes. Por ejemplo, D13 señaló:

“Falta de estrategias de estudio por parte de los estudiantes.” (D13)

Y D9 sostuvo:

“La falta de compromiso para estudiar (o leer al menos) las guías de tp para saber de antemano que es lo que se va a realizar en el laboratorio.” (D9)

Esta tendencia también aparece en docentes que, aun reconociendo condiciones estructurales, vuelven sobre los hábitos y actitudes estudiantiles como principal obstáculo. D8, por ejemplo, escribió:

“La falta de hábitos de lectura previa y estudio que retrasa o imposibilita el análisis de los temas.” (D8)

Estas formulaciones revelan que las dificultades no son pensadas como oportunidades para ajustar la enseñanza, sino como barreras que las y los estudiantes deberían superar de manera previa o paralela. En este sentido, la perspectiva de varias y varios docentes parece sostener una primacía del rol docente como transmisor del contenido, en tanto se asume que el problema es que las y los estudiantes “*no llegan preparados*”. Esto se relaciona con el punto que ya se había esbozado en la pregunta 3, donde la teoría aparece como central y la práctica subordinada; en este caso, podríamos preguntarnos si la función docente no está siendo priorizada sobre el rol del estudiante como constructor activo del conocimiento.

Un pequeño grupo de docentes, sin embargo, sí hizo referencia a condiciones institucionales que impactan en la enseñanza. Por ejemplo, D4 mencionó:

“Escaso e incómodo espacio físico.” (D4)

Y D5 señaló:

*“La cantidad de alumnos que no permite trabajar en comisiones chicas.”
(D5)*

También D7 se refirió a la falta de recursos y al desinterés estudiantil, incluyendo ambas dimensiones en su respuesta:

“Falta de recursos / Falta de motivación e interés del estudiante.” (D7)

Por su parte, D2 combinó observaciones sobre los procedimientos y destrezas con limitaciones del entorno:

*“Procedimientos insuficientes que limitan obtener resultados esperados.
Falta de algunas destrezas en los estudiantes. Número de estudiantes por
grupo de trabajo.” (D2)*

Aunque estas respuestas sí reconocen factores estructurales, en muchos casos el problema vuelve a colocarse en el comportamiento o las capacidades de las y los estudiantes, más que en la propuesta pedagógica o en las condiciones de trabajo docente.

En resumen, el análisis de esta pregunta permite advertir una orientación generalizada en la que las dificultades de la enseñanza práctica son interpretadas a partir de las carencias estudiantiles. Este enfoque podría estar inhibiendo la reflexión sobre el propio CDC y las decisiones didácticas, al priorizar una mirada deficitaria sobre los estudiantes. Reconocer esta tendencia resulta clave para pensar dispositivos de

formación que permitan a las y los docentes repensar y ajustar su práctica a partir de una mayor comprensión del contexto de sus alumnos y de la potencialidad de los TP como espacio de construcción compartida de saberes.

Pregunta 6. Consideración de las particularidades estudiantiles en la planificación de los TP

Esta pregunta indagó en qué medida las y los docentes tienen en cuenta aspectos particulares de sus estudiantes al momento de planificar los TP. El propósito era identificar si las decisiones didácticas se ajustaban a las trayectorias previas, intereses o dificultades del estudiantado.

La mayoría de las respuestas no abordó directamente esa dimensión, sino que se centraron en la planificación de la asignatura desde una perspectiva más curricular y estructural. Algunos docentes explicitaron que no consideran las particularidades estudiantiles al momento de planificar. D1 fue tajante en su respuesta:

“Al planificar los TP tengo en cuenta las necesidades de la carrera y no tengo en cuenta a los alumnos.” (D1)

Esta afirmación, revela una concepción de la enseñanza orientada hacia la formación profesional como criterio prioritario, incluso por encima de las condiciones reales del grupo que cursa. La centralidad del programa y cumplir con los estándares se posiciona por encima de las posibilidades concretas de quienes cursan la materia. Una postura similar aparece en D5, quien señaló:

“En la planificación no se toma en cuenta las características de los alumnos. El dictado de la asignatura se ajusta al patrón predeterminado.” (D5)

Estas respuestas permiten observar no solo la rigidez de ciertos marcos institucionales, sino también una forma de adaptación docente a esa estructura, sin cuestionamiento activo sobre sus implicancias. D6, por su parte, reconoció la relevancia del estudio previo como un factor importante, aunque sin mencionarlo como criterio integrado en su planificación:

“Se tendría que tener en cuenta el estudio previo de los alumnos del tema que se desarrolló en el TP.” (D6)

En todos estos casos, la figura del estudiante aparece como un dato externo, que no transforma la lógica de planificación, lo cual puede leerse como una distancia estructural entre las decisiones didácticas y las condiciones reales de aprendizaje.

Sin embargo, otros docentes ofrecieron respuestas que evidencian cierta intencionalidad de adecuación a la diversidad estudiantil, aunque con diferentes grados de sistematicidad. Por ejemplo, D7 enumeró algunas variables que considera:

“Formación de los estudiantes en el secundario / Lugar de procedencia / Si el estudiante trabaja / Estos aspectos le dan al docente una referencia de cómo debe ser su desempeño frente al estudiante, para poder enseñar y evaluar de manera igualitaria.” (D7)

Aquí aparece una noción de “igualdad” vinculada con la adecuación del docente a las condiciones de vida de los estudiantes, aunque no se explicita cómo esto se traduce en cambios en la propuesta.

Un caso diferente es el de D14, quien incluyó una herramienta concreta:

“Al comienzo de cuatrimestre realizo una encuesta de antecedentes para tener en cuenta alumnos con situaciones especiales, de manera de saber cuáles son sus condiciones.” (D14)

Dicho relevamiento se complementa con una actitud de acompañamiento durante las clases:

“Ya que si no es así deberé detenerme en las cuestiones básicas para llegar a lo específico.” (D14)

También D11 manifestó tener en cuenta la heterogeneidad de conocimientos que los estudiantes traen del nivel secundario:

“Muchos de ellos no tienen una buena base de química y esto genera que la materia les resulte difícil de comprender. Por lo tanto, me esfuerzo en relacionar los conceptos a hechos de la vida cotidiana para facilitarles la comprensión.” (D11)

Estas estrategias revelan cierta disposición docente a considerar el punto de partida de las y los estudiantes, aunque, como en los casos anteriores, no siempre aparecen como parte de una planificación estructurada, sino como adaptaciones situadas durante el desarrollo de la clase.

En conjunto, las respuestas evidencian que, en varios casos, la planificación se encuentra guiada por el programa de la materia, los contenidos mínimos establecidos o decisiones compartidas dentro del equipo docente, sin un reconocimiento explícito de las particularidades del estudiantado. Al mismo tiempo, algunas respuestas incorporan elementos de adecuación, ya sea mediante relevamientos, observación de dificultades o uso de ejemplos cotidianos. Esta diversidad de enfoques refleja distintas concepciones del rol docente, que oscilan entre una función transmisiva y una función mediadora, y que en última instancia afectan el modo en que se construye y despliega el CDC.

Pregunta 7. Otros factores que influyen en la enseñanza de los trabajos prácticos

Esta pregunta buscó indagar qué otros elementos, más allá de las características del estudiantado, influyen en la enseñanza de los TPL. A través de ella, se pretendía recuperar dimensiones estructurales, institucionales o personales que los docentes identificaran como condicionantes de su práctica.

Una de las respuestas que emergió con claridad fue la mención a la formación pedagógica insuficiente, especialmente en el caso de los docentes nóveles o auxiliares. D5 lo expresó con una formulación concisa:

“La formación de los docentes sobre todo los docentes auxiliares.” (D5)

Esta breve afirmación se inscribe en una mirada crítica hacia las prácticas de enseñanza en el contexto universitario, donde las y los auxiliares suelen tener un rol protagónico en el acompañamiento de los TP, sin necesariamente haber sido formados para ello. Una afirmación más directa provino de D7:

“Falta de formación pedagógica del docente.” (D7)

Aquí la cuestión de la formación docente aparece no como un dato marginal, sino como un factor estructural que incide directamente en la calidad de la enseñanza en el laboratorio. D9, en cambio, aludió a la heterogeneidad entre las y los propios docentes, en términos tanto de conocimientos como de criterios:

“Cuestiones humanas: heterogeneidad de los conocimientos, criterios de evaluación, métodos de enseñanza y otros aspectos de los docentes.” (D9)

Esta respuesta permite visibilizar un aspecto poco abordado en la enseñanza universitaria: la ausencia de marcos compartidos entre las y los docentes de una misma asignatura, que genera prácticas disímiles incluso dentro de un mismo equipo.

Aunque no todos las y los docentes respondieron en esta dirección, estos fragmentos permiten poner en evidencia una de las tensiones centrales en la enseñanza universitaria de las ciencias: la formación disciplinar como único requisito, en detrimento de una profesionalización sistemática de la docencia.

Además de la formación docente, algunos participantes mencionaron otros factores estructurales que afectan la enseñanza, como la organización de la asignatura o la dificultad para desarrollar todos los contenidos previstos. D7 mencionó simplemente:

“Planificación de la asignatura.” (D7)

Mientras que D8 también remarcó una dificultad estructural al hablar de:

“La complejidad de la intensidad del desarrollo total de la asignatura.” (D8)

Estas menciones complementan el panorama al mostrar cómo, en ocasiones, las limitaciones no se relacionan con los estudiantes, sino con decisiones o condiciones propias del equipo docente, la estructura curricular o la organización institucional.

En conjunto, las respuestas a esta pregunta aportan indicios sobre las condiciones en las que se construye la enseñanza de los trabajos prácticos en química inorgánica. Aunque no todos los docentes tematizan de forma explícita la formación pedagógica, las referencias a la falta de preparación, la heterogeneidad de criterios y la estructura rígida de la planificación permiten vislumbrar la necesidad de una profesionalización más sistemática de la enseñanza universitaria, que incluya tanto el saber disciplinar como el saber didáctico.

Pregunta 8. Estrategias de enseñanza declaradas por las y los docentes universitarios

La pregunta 8 busca identificar qué estrategias de enseñanza emplean las y los docentes para trabajar los contenidos en el espacio de los TP. Esta dimensión resulta central para el análisis del CDC, ya que permite visibilizar no solo qué se enseña, sino cómo se organiza esa enseñanza y qué lugar se le otorga a la o al estudiante en la construcción del conocimiento.

En la mayoría de los casos, las respuestas recuperaron la exposición directa como estrategia predominante. Las explicaciones de la o del docente, junto con las guías estructuradas y los pasos secuenciados, constituyen el núcleo de la propuesta de enseñanza. En este marco, las intervenciones hacia las y los estudiantes funcionan principalmente como disparadores, pero el control sobre el contenido permanece mayormente en manos del docente.

Esto se expresa con claridad en la afirmación de D5:

“Se emplea un modelo de transmisión-recepción con muy poco grado de participación de los alumnos que esperan que se les den las respuestas.”
(D5)

Esta declaración explicita uno de los aspectos principales de la enseñanza universitaria tradicional: la predominancia de la o del docente como transmisor de información frente a un estudiantado que ocupa un lugar más pasivo.

Algunos docentes mencionan el uso de preguntas como forma de activar el pensamiento, estas suelen enmarcarse en esquemas guiados por la o el docente, más que como verdaderos procesos de indagación. D14, por ejemplo, expresó que:

“Cuando explico lo hago a través de preguntas, de manera de ir testeando sus conocimientos.” (D14)

Aquí, las preguntas funcionan como herramienta de verificación, más que como apertura al diálogo o la exploración conceptual. En la misma línea, D12 se refirió al uso de guías:

“Utilización de guías de estudio para que el estudiante pueda seguir el paso a paso de las actividades que se realizan.” (D12)

Si bien esta estrategia puede facilitar el orden del trabajo, también limita el margen de decisión del estudiante y restringe su agencia epistémica.

Por otro lado, algunos docentes sí mencionan la incorporación de herramientas más activas, como el trabajo en grupo o el uso de recursos visuales. D7 afirmó utilizar:

“Preguntas indagatorias, ilustraciones gráficas, mapas conceptuales, analogías.” (D7)

Sin embargo, no se explicita si estas herramientas están insertas en una propuesta didáctica coherente, ni si transforman efectivamente el rol del estudiante. Un caso más articulado aparece en D15, quien describió una práctica más variada:

“Resolución de problemas en grupos, pasada al pizarrón a resolver ejercicios para observar dónde está la dificultad de cada alumno.” (D15)

También mencionó el uso de evaluaciones breves y autoevaluaciones, así como la incorporación de tecnologías digitales:

“Aplicación de pequeñas evaluaciones previo a arrancar el TP, evaluación, autoevaluación y corrección por compañeros. Ver videos en clase. En cada

TP se intenta innovar en estrategias sobre todo relacionados a las nuevas TIC.” (D15)

Estos fragmentos muestran un esfuerzo por diversificar los recursos didácticos, aunque en la mayoría de los casos no se hace explícita una reflexión sobre los supuestos pedagógicos que sostienen esas elecciones.

En algunos casos puntuales se observa una intención de construir un vínculo pedagógico más horizontal. D14 afirmó:

“En mi rol de tutora me acerco a ellos como una compañera más que intenta explicarles con referencias a lo cotidiano.” (D14)

Aunque no refiere a una técnica en sentido estricto, esta actitud define un modo particular de relación pedagógica, donde la horizontalidad se vuelve condición para la construcción de sentido.

En particular, las estrategias declaradas mostraron una fuerte impronta expositiva, con algunas menciones a herramientas complementarias. La participación estudiantil aparece limitada, y el protagonismo del docente permanece como eje de la clase, lo que se alinea con las concepciones sobre el valor formativo del laboratorio desarrolladas en respuestas anteriores.

Pregunta 9. Evaluación de la comprensión en los trabajos prácticos

Finalmente, la última pregunta indagó sobre las estrategias utilizadas por las y los docentes para evaluar la comprensión de las y los estudiantes durante el desarrollo de los TP. Esta dimensión resulta especialmente relevante para el análisis del CDC, ya que permite reconstruir no solo qué se espera que las y los estudiantes aprendan, sino también qué se considera evidencia válida de ese aprendizaje.

A partir del análisis de las respuestas, fue posible identificar tres grandes tipos de enfoques: docentes que no realizan instancias de evaluación durante los TP, docentes que evalúan mediante preguntas orales o intervenciones espontáneas y docentes que aplican instancias escritas (diagnósticas, breves o tradicionales).

Un primer grupo de docentes expresó que no evalúa sistemáticamente la comprensión de los estudiantes. D1 lo afirmó de forma directa:

“No hay tiempo para evaluar una comprensión individual de los alumnos. La clase avanza con el grupo que se preocupa, trabaja o responde.” (D1)

En la misma línea, D5 sostuvo:

“No se evalúa la comprensión de los estudiantes en los distintos temas.”
(D5)

También D12 indicó que no realiza una evaluación formal:

“En los TP donde desarrollo mis funciones no realizamos una evaluación de los contenidos.” (D12)

Estas afirmaciones dan cuenta de una tensión persistente: si bien en otros apartados los docentes manifestaron expectativas claras respecto del aprendizaje de los estudiantes, la ausencia de instancias de evaluación estructuradas sugiere una desconexión entre la propuesta formativa y los mecanismos de validación de los aprendizajes.

Un segundo grupo sostuvo que evalúa la comprensión a través de intercambios orales, observaciones espontáneas y preguntas orientadoras. D2 señaló:

“Busco evaluar la comprensión permitiendo que las experiencias desarrolladas puedan justificarse desde la interpretación de los cambios químicos involucrados, la aplicación del cálculo y la elaboración de conclusiones.” (D2)

De manera semejante, D3 sostuvo:

“La corrección y evaluación de las mismas se hace en forma colectiva y mediante preguntas orales orientadoras tendientes a la reflexión de los contenidos dados para conocer el grado de comprensión adquirido.” (D3)

Estas estrategias muestran una valoración de la retroalimentación inmediata como mecanismo evaluativo, aunque no siempre aparecen enmarcadas en criterios compartidos o procedimientos sistemáticos. D8 refuerza esta idea al mencionar:

“Se realiza de forma cualitativa mediante un proceso de retroalimentación (feed-back) entre los docentes y los alumnos y entre los alumnos, la cual se desarrolla mediante la acción de preguntas orientadoras tendientes a la reflexión de los contenidos.” (D8)

Otros docentes (D6, D7, D9, D13 y D14) también mencionaron el uso de preguntas para “testear” conocimientos, o la observación directa como herramienta evaluativa. Por ejemplo, D14 afirmó:

“Cuando explico lo hago a través de preguntas, de manera de ir testeando sus conocimientos.” (D14)

D9 también mencionó la observación del desempeño como parte del proceso:

“A través de las respuestas a las preguntas anteriormente mencionadas y por observación del desempeño en el laboratorio (manipulación del material, resultados prácticos obtenidos, etc).” (D9)

El tercer grupo, menos numeroso, planteó que utiliza estrategias de evaluación escrita.

D4, por ejemplo, detalló:

“Evaluaciones, autoevaluaciones, co-evaluaciones escritas. Observaciones sin registros. Tareas para el hogar como manera de fomentar autonomía.” (D4)

Del mismo modo, D10 indicó una variedad de estrategias:

“Evaluaciones diagnósticas previas a los TP (al inicio). Evaluación escrita (general / bimestrales). Exposición oral (en seminarios). Al dialogar con ellos, durante el TP. Clases de consultas.” (D10)

Y D11 escribió:

“Más allá de los parciales de regularidad y promoción, frecuentemente se les toma una pequeña evaluación antes de comenzar algunos de los trabajos prácticos o se les da algunas preguntas para entregar como tarea.” (D11)

Finalmente, D15 agregó que se aplican “pequeñas evaluaciones previas” y que también se incluyen instancias de autoevaluación y corrección entre pares:

“Aplicación de pequeñas evaluaciones previo a arrancar el TP, evaluación, autoevaluación y corrección por compañeros.” (D15)

Estas respuestas muestran un uso más sistemático de herramientas evaluativas, aunque no siempre queda claro si los instrumentos aplicados permiten captar niveles profundos de comprensión o si se limitan a verificar la repetición de procedimientos

Más allá de las diferencias entre enfoques, el análisis del corpus permitió advertir una omisión llamativa: ningún docente mencionó el uso del informe de laboratorio como herramienta de enseñanza ni de evaluación. Esta ausencia resulta especialmente significativa si se considera el papel central que ocupa el informe en la formación científica, tanto en términos académicos como profesionales.

El informe de laboratorio no solo permite evaluar conceptos y procedimientos, sino que también constituye un espacio para ejercitar habilidades transversales como la redacción científica, la argumentación basada en evidencia y la sistematización de resultados. Su ausencia podría deberse a condiciones materiales adversas (tiempo, cantidad de

estudiantes, distribución de roles docentes), pero también sugiere una concepción limitada del TP como instancia centrada en la ejecución técnica, más que en la elaboración reflexiva del conocimiento.

Las estrategias de evaluación declaradas son diversas y abarcan desde el seguimiento informal hasta evaluaciones escritas puntuales. No obstante, la escasa planificación sistemática y la ausencia del informe de laboratorio como recurso didáctico central reflejan un aspecto del CDC que podría fortalecerse con instancias de formación específica y propuestas institucionales que revaloricen la escritura científica y la evaluación formativa en el contexto de las clases experimentales.

4.3.3 Discusión de los Resultados del Estudio II-A

Los resultados presentados permiten caracterizar el CDC declarado por docentes universitarios de QI en relación con las clases de TPL. A partir del análisis de las respuestas al instrumento ReCo, fue posible identificar patrones y contrastes que atraviesan las prácticas de enseñanza, así como reconstruir las decisiones que orientan la planificación, el desarrollo y la evaluación de estas clases.

La tabla 35 sintetiza los principales hallazgos organizados por dimensión analizada, lo que permite trazar un primer perfil del CDC declarado en este contexto.

Tabla 35. Síntesis de hallazgos del Estudio II-A sobre el CDC declarado por docentes universitarios de QI

Dimensión analizada	Hallazgos principales
Perfil docente	Gran heterogeneidad en formación, jerarquía y experiencia docente. Coexisten perfiles nóveles y expertos en el mismo espacio de enseñanza.
Objetivos de los TP	Se declaran objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Fuerte énfasis en habilidades técnicas y justificación teórica.
Valor formativo de los TP	Predominio de una visión subordinada de la práctica respecto de la teoría. El TP es concebido como validación de contenidos teóricos.
Contenidos excluidos	Algunos docentes excluyen aplicaciones específicas o técnicas complejas. Otros declaran no excluir ningún contenido.
Dificultades en la enseñanza	Mayoría responsabiliza al estudiantado por las dificultades. Pocas referencias a condiciones institucionales o revisión de la propia enseñanza.
Consideración del estudiantado	En general, no se consideran explícitamente las particularidades estudiantiles en la planificación. Algunas excepciones puntuales.
Factores contextuales	Se mencionan condiciones materiales y falta de formación pedagógica, especialmente en docentes auxiliares.
Estrategias de enseñanza	Predomina el modelo expositivo. Algunas menciones a recursos gráficos o TIC, pero sin una reflexión pedagógica profunda.
Estrategias de evaluación	Se emplean preguntas orales y algunas evaluaciones escritas breves. Gran dispersión y ausencia de criterios sistemáticos.
Uso del informe de laboratorio	Ningún docente menciona el uso del informe como herramienta didáctica o evaluativa, a pesar de su relevancia en la formación científica.

En términos generales, el Estudio II-A muestra un CDC declarado por docentes universitarios de QI fuertemente orientado a la validación de contenidos teóricos mediante la práctica experimental. Esta tendencia coincide con lo señalado por Gupta (2001) y Seré (2002), quienes advierten que, en el laboratorio universitario, la enseñanza práctica suele subordinarse a la teoría, reproduciendo una lógica instrumental que restringe el potencial epistemológico de la experiencia.

Desde el modelo propuesto por Bond-Robinson (2005), la orientación identificada se vincula predominantemente con los niveles CDQ-1 (gestión del laboratorio químico) y CDQ-2 (enseñanza de conceptos químicos), con una presencia menos sistemática de estrategias propias del CDQ-3 (promoción del razonamiento conceptual y uso flexible

de representaciones). En este modelo, los niveles CDQ (Conocimiento Didáctico Químico) describen el grado de integración entre la gestión del laboratorio, la enseñanza de conceptos y el fomento de habilidades de razonamiento en los estudiantes. La centralidad de las habilidades procedimentales y de la formalización teórica sugiere que el desarrollo del CDC se encuentra mayoritariamente en niveles intermedios, como se ha observado también en docentes universitarios noveles.

Esta focalización en aspectos técnicos y conceptuales puede leerse, además, en términos de la dicotomía señalada por van den Berg (2009, 2013) entre “manipulación de equipamientos” y “manipulación de ideas”. En el corpus analizado, la primera dimensión aparece sólida y naturalizada, mientras que la segunda se evidencia de forma más fragmentaria o implícita, lo que limita el laboratorio como espacio de exploración conceptual y construcción activa de conocimiento.

Respecto de la atención a las particularidades estudiantiles, la información recogida contrasta con lo que destacan Wei *et al.* (2021), quienes identifican el conocimiento sobre concepciones previas y dificultades de aprendizaje como componentes centrales del CDC en TP. En las respuestas analizadas, esta dimensión aparece débilmente integrada de manera explícita en la planificación. No obstante, la trayectoria y estabilidad del equipo docente permiten suponer que ciertos ajustes a las características del estudiantado se realizan de forma implícita, aunque no se enuncien formalmente en el diseño de las actividades.

Una tensión similar se observa en las estrategias de evaluación. El contraste con las propuestas de Vargas Neira y Bernal Ballén (2022) y Vargas *et al.* (2024) es notorio: mientras que estos autores destacan el valor del informe de laboratorio y la retroalimentación formativa como herramientas centrales del CDC, en este estudio no se registró ninguna mención a ese dispositivo. Esta omisión puede interpretarse como síntoma de una concepción restringida del TP, donde se privilegia la ejecución por sobre la reflexión y el resultado por sobre el proceso.

Factores contextuales como el espacio físico, la cantidad de estudiantes y la disponibilidad de recursos, mencionados por algunos docentes, dialogan con las conclusiones de Wei y Liu (2018) sobre la influencia determinante de las condiciones institucionales en el CDC de laboratorio. Sin embargo, en el grupo analizado, estas referencias son menos frecuentes que las explicaciones centradas en las carencias del estudiantado, lo que coincide con la persistencia de un modelo de docencia universitaria

de carácter artesanal (Lorenzo, 2017), en el que la reflexión sistemática sobre la propia práctica no siempre ocupa un lugar central.

En síntesis, el Estudio II-A permite delinear un perfil inicial del CDC en el laboratorio universitario: orientación centrada en la ejecución técnica y la validación de resultados, débil atención explícita a la diversidad estudiantil, poca integración de la indagación y escasa evaluación formativa. Este diagnóstico preliminar, será contrastado en el Estudio II-B a partir de la triangulación entre lo declarado y lo observado, con el fin de explorar cómo estas concepciones se materializan (o se modifican) en la práctica real de enseñanza en el laboratorio.

4.3.4 Conclusiones parciales del estudio II A

El Estudio II-A permitió documentar el CDC colectivo a partir de declaraciones de docentes universitarios de QI a partir de sus respuestas al instrumento ReCo. A través del análisis de las dimensiones abordadas, fue posible delinear un perfil docente caracterizado por su heterogeneidad, tanto en términos de formación académica como de jerarquía institucional y experiencia en la enseñanza. Esta diversidad atraviesa las decisiones sobre planificación, desarrollo y evaluación de las clases prácticas en el laboratorio, y habilita nuevas preguntas sobre el modo en que las trayectorias individuales van modelando el CDC en este contexto.

Se identificó una fuerte orientación procedimental y validativa en las prácticas declaradas, con énfasis en el uso correcto del instrumental, la organización del trabajo experimental y la justificación teórica de los resultados. Estas acciones aparecen articuladas con los objetivos tradicionales de la enseñanza experimental (como el desarrollo de habilidades técnicas y actitudes vinculadas al trabajo en equipo y la seguridad en el laboratorio), pero con una menor atención explícita a la indagación, la exploración conceptual o la reflexión metacognitiva.

En cuanto a las estrategias de enseñanza, predominan enfoques expositivos que otorgan escaso protagonismo al estudiantado en la construcción del conocimiento. Si bien se reconoce la importancia de su participación, esta no parece planificarse de manera sistemática ni con criterios didácticos definidos. En este sentido, también se observaron debilidades en las estrategias de evaluación: se mencionan algunas instancias orales o

escritas breves, pero sin referencias claras a criterios, instrumentos o momentos formativos.

Otro hallazgo relevante refiere al uso del informe de laboratorio, que no fue mencionado por ningún docente como parte del dispositivo de enseñanza o evaluación. Esta ausencia resulta significativa, dado el valor formativo de esta herramienta en la sistematización de resultados, la argumentación científica y la construcción de conclusiones fundamentadas.

Asimismo, se identificaron tensiones internas en el equipo docente vinculadas al ingreso y la formación de nuevos integrantes. La incorporación de docentes nóveles parece apoyarse en un modelo de transmisión informal basado en la imitación del experto, lo cual podría limitar el desarrollo de un CDC sistemático y una práctica reflexiva sobre la enseñanza.

Finalmente, dimensiones como la consideración de las particularidades estudiantiles, la vinculación de los contenidos con el mundo profesional o cotidiano, o la actualización respecto de la producción científica contemporánea no emergieron de forma sostenida en las respuestas analizadas. Su ausencia sugiere que estas categorías aún no ocupan un lugar central en la planificación didáctica del laboratorio.

En síntesis, los resultados obtenidos permiten caracterizar un CDC centrado en la ejecución técnica y la validación teórica, con escasa atención explícita a la diversidad estudiantil, a la indagación como estrategia pedagógica y a la evaluación como proceso formativo. Estas tendencias serán retomadas y contrastadas en el Estudio II-B, a partir del análisis del CDC en acción observado en clases reales de laboratorios.

4.3.5 Resultados del Estudio II-B: El CDC sobre las clases de laboratorio universitario: análisis de seis casos con distinto recorrido profesional

El Estudio II-B se enmarca en el segundo objetivo de esta tesis: describir y analizar las prácticas educativas de docentes universitarios en clases prácticas y experimentales de QI. Mientras que el Estudio I abordó la dimensión histórica del laboratorio y el Estudio II-A exploró el CDC declarado por los docentes a través del instrumento ReCo, este subestudio avanza hacia una mirada situada que integra tanto lo dicho como lo hecho.

Para ello, se seleccionó una submuestra de seis docentes de distintos niveles jerárquicos y se trianguló su CDC declarado con observaciones no participantes de clases reales.

Esta estrategia permitió reconstruir no solo qué dicen los docentes sobre su enseñanza, sino también cómo efectivamente enseñan en el laboratorio. Se consideraron tres dimensiones de análisis: el CDC declarado, el CDC en acción (CDCa) y las dinámicas internas del equipo docente.

De este modo, el Estudio II-B ofrece una descripción más densa y contextualizada de la enseñanza universitaria en espacios experimentales, y habilita la profundización que se desarrollará en el Estudio III a partir de un caso particular.

A continuación, se presentan los resultados del Estudio II-B, organizados en tres momentos analíticos. En primer lugar, se desarrollaron los perfiles de los seis docentes seleccionados, a partir del análisis intrasujeto de sus respuestas al instrumento ReCo. Luego, se realizó un análisis comparativo intersujeto, que permitió identificar regularidades y contrastes entre distintos niveles jerárquicos. Finalmente, se efectuó una triangulación con las observaciones de clases, lo que posibilitó articular el CDC declarado con el CDCa y ofrecer una síntesis interpretativa de los principales hallazgos del estudio.

Estudio intrasujeto

El análisis intrasujeto del Estudio II-B se orientó a caracterizar el CDC expresado y puesto en acción por cada docente en las clases de laboratorio de QI. Para ello, se sistematizó la información en torno a cinco dimensiones: (1) naturaleza atribuida a los TP, (2) relevancia formativa, (3) dificultades y limitaciones, (4) planificación y enseñanza, y (5) evaluación.

La información fue organizada por docente y dimensión de análisis, incorporando citas textuales representativas que sustentan la interpretación. Este enfoque permitió identificar los rasgos salientes del CDC y analizar sus matices, coincidencias y divergencias, preservando la unidad de análisis en el o la docente.

- “No tengo en cuenta a los alumnos”: una enseñanza centrada en el programa (D1, Nivel 1, más de 30 años de experiencia)

D1, docente de nivel 1 con más de tres décadas de desempeño en el laboratorio de QI, concibe los TP como complemento confirmatorio de la teoría, subordinados al plan de

estudios; otorga relevancia principalmente propedéutica para materias posteriores; en planificación orienta la enseñanza por objetivos institucionales sin considerar trayectorias o intereses estudiantiles; en evaluación declara la imposibilidad de valorar comprensiones individuales y no explicita instrumentos o criterios; como dificultades, menciona el escaso tiempo frente a la extensión del programa y la falta de “conciencia” del estudiantado sobre la importancia de los contenidos. En la tabla 36 se sintetizan los principales aspectos de su CDC declarado.

Tabla 36. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D1 – Nivel 1, 37 años de ejercicio

Dimensión del CDC	Síntesis	Cita clave
Naturaleza atribuida a los TP	Instancia complementaria de la teoría, concebida para confirmar y consolidar conceptos ya enseñados. Laboratorio subordinado al desarrollo teórico y al plan de estudios, con impronta positivista.	<i>“Completar los conocimientos teóricos sobre la conducta química de los elementos...”</i>
Relevancia en la formación	Valor de los TP definido por su utilidad para materias posteriores; sin énfasis en formación integral o habilidades transversales.	<i>“La conducta química permite explicar / justificar los contenidos de las materias que siguen en la carrera.”</i>
Dificultades / limitaciones	Obstáculos estructurales (tiempo, extensión del programa) y percepciones sobre el alumnado (falta de conciencia o compromiso).	<i>“El escaso tiempo frente al extenso programa...”</i> <i>“El alumno no toma conciencia de la importancia de estos contenidos para su profesión.”</i>
Planificación y enseñanza	Centrada en objetivos institucionales; no considera trayectorias o intereses estudiantiles. Enfoque técnico-individualista.	<i>“Al planificar los TP tengo en cuenta las necesidades de la carrera y no tengo en cuenta a los alumnos.”</i> <i>“La predisposición docente / buenos conocimientos disciplinares / disponibilidad de materiales”</i>
Evaluación	Considerada impracticable; sin estrategias o criterios explícitos, lo que reduce su función formativa.	<i>“No hay tiempo para evaluar una comprensión individual de los alumnos.”</i>

D1 presentó un CDC fuertemente estructurado por la lógica del plan de estudios y los contenidos teóricos. El laboratorio se concibió como una instancia de confirmación de la teoría, subordinada a los requerimientos curriculares y sin apertura a la indagación o a la producción situada de saberes. La relevancia de los TP se justificó en términos propedéuticos para materias posteriores, sin referencias a la formación integral del estudiantado ni al desarrollo de habilidades experimentales, pensamiento crítico o autonomía.

Respecto de las dificultades, D1 identificó tanto limitaciones estructurales (tiempo disponible y extensión del programa) como factores atribuidos al alumnado (falta de “conciencia” sobre la importancia de los contenidos). No problematizó sus propias decisiones didácticas ni consideró ajustes desde su CDC. En planificación, priorizó objetivos institucionales por sobre las trayectorias o intereses de las y los estudiantes y sostuvo una concepción técnico-individualista de la enseñanza, basada en la disposición y la preparación disciplinar del docente. En evaluación, planteó la imposibilidad de realizar seguimientos individuales, por lo que esta dimensión perdió peso formativo y no se apoyó en herramientas o criterios explícitos.

En conjunto, el perfil de D1 se caracterizó por una alta coherencia interna, pero mostró baja apertura a la diversidad, al vínculo pedagógico y a perspectivas críticas sobre la práctica en el laboratorio.

- *“Actividades para construir contenidos”*: integración parcial desde lo pedagógico (D4)

D4, docente de alta jerarquía con tres décadas de trayectoria, concibe los TP como complemento del trabajo conceptual con integración de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; asigna relevancia a investigaciones, tareas abiertas y ejercitación sin explicitar estrategias diferenciadas; declara no participar en la planificación y advierte problemas de articulación curricular; en evaluación emplea herramientas variadas sin registro sistemático; identifica como principales dificultades el formato “receta”, la escasez de materiales, la masividad y las limitaciones del espacio. En la tabla 37 se sintetizan los principales aspectos de su CDC declarado.

Tabla 37. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D4 – Nivel 1, 30 años de experiencia

Dimensión del CDC	Síntesis	Cita clave
Naturaleza atribuida a los TP	Complemento del trabajo conceptual, integrando contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; cercana al discurso didáctico.	<i>“...que los TP favorezcan a la construcción de contenidos conceptuales y la puesta en práctica de contenidos procedimentales y actitudinales.”</i>
Relevancia en la formación	Integración de investigación, tareas abiertas y ejercitación; mención a la construcción de saberes, pero sin diseño de estrategias diferenciadas.	<i>“Investigaciones, con tareas abiertas y ejercitación de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.”</i>
Dificultades / limitaciones	Predominio de actividades tipo receta, falta de materiales, grupos numerosos y espacio físico incómodo; disconformidad con el enfoque tradicional, pero sin alternativas desarrolladas.	<i>“Predominio de actividades tipo receta. Material escaso y obsoleto. Grupos numerosos. Espacio físico incómodo.”</i>
Planificación y enseñanza	No participa en la planificación formal; identifica problemas de articulación curricular.	<i>“No planifico QI.”</i> <i>“Aspectos que influyen: el conocimiento de los estudiantes, el escaso tiempo, la falta de actualización de la bibliografía, la cantidad de alumnos y la escasa articulación con otras materias.”</i>
Evaluación	Variedad de herramientas, sin registro sistemático.	<i>“Evaluaciones, autoevaluaciones, co-evaluaciones escritas. Observaciones sin registros. Tareas para el hogar como manera de fomentar autonomía.”</i>

D4 concibe los TP como un complemento del trabajo conceptual, buscando integrar dimensiones conceptuales, procedimentales y actitudinales. Este enfoque se alinea con la tradición escolar y se apoya en un discurso pedagógico más elaborado que el de otros casos, posiblemente vinculado a su formación específica en didáctica. Sin embargo, esta riqueza conceptual no se traduce en el desarrollo de estrategias diferenciadas para el trabajo experimental.

En cuanto a la relevancia, menciona la integración de investigaciones, tareas abiertas y ejercitación de diversos tipos de contenidos. Aunque estas formulaciones sugieren apertura a propuestas más activas, no se desarrollan ni se vinculan con un diseño de enseñanza concreto, lo que deja las intenciones en el plano declarativo.

Las dificultades que identifica incluyen el predominio de actividades tipo receta, la obsolescencia de materiales, la masividad y las limitaciones físicas del espacio de laboratorio. Si bien expresa disconformidad con estos formatos, no plantea alternativas concretas para abordarlos.

En la planificación, declara no participar de forma directa y señala la escasa articulación con otras materias como un problema. Esto sugiere una estructura jerarquizada en la organización del equipo docente que condiciona la autonomía de su CDC.

Respecto de la evaluación, menciona la aplicación de estrategias variadas, poco frecuentes en el resto del corpus. Sin embargo, estas herramientas no aparecen vinculadas de manera explícita con los objetivos de los TPL ni con criterios claros de comprensión. La evaluación, aunque más diversa que en otros casos, se presenta como un conjunto de acciones dispersas y no como parte de una secuencia intencionada.

En síntesis, el CDC de D4 revela una intención integradora desde lo pedagógico y una valoración de dimensiones más amplias de la formación, aunque su propuesta se mantiene restringida por una mirada funcionalista y por condiciones institucionales que se asumen como fijas e inmodificables.

- “*Consolidar lo aprendido en clase*”: *técnica y control desde la enseñanza media* (D9)

D9, con jerarquía intermedia y 14 años de experiencia, define los TP como extensión aplicada de la teoría en una secuencia guiada (introducción–experiencia–discusión); declara como metas el pensamiento crítico, el análisis de resultados, la manipulación y el trabajo en equipo sin detallar su operacionalización; planifica y enseña con alto control didáctico mediante guiones y preguntas orientadoras; evalúa a través de preguntas orales y observación sin instrumentos ni criterios explícitos; reconoce como dificultades el estudio previo insuficiente y restricciones edilicias (capacidad, tamaño de

grupos y distribución docente). En la tabla 38 se presentan los principales aspectos de su CDC declarado.

Tabla 38. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D9 – Nivel 2, 14 años de experiencia

Dimensión del CDC	Síntesis	Cita clave
Naturaleza atribuida a los TP	Extensión aplicada del aula teórica; estructura guiada por guiones, con introducción, experiencia y discusión final.	<i>“Se realizan experiencias... guiadas por un guion... Se realiza una breve introducción teórica... Posteriormente se realiza la experiencia y, en una puesta en común final, se discute lo observado.”</i>
	Enfoque confirmatorio del TP.	<i>“Los TP ayudan a consolidar lo aprendido en clase.”</i>
Relevancia en la formación	Busca desarrollar pensamiento crítico, análisis de resultados, habilidades de manipulación y trabajo en equipo; intención integradora poco articulada con estrategias concretas.	<i>“Tener un pensamiento crítico y sepan analizar lo observado... Desarrollen habilidades de manipulación, trabajo en equipo y compromiso con la actividad experimental.”</i>
Dificultades / limitaciones	Falta de estudio previo por parte de las y los estudiantes y limitaciones edilicias (capacidad del laboratorio, tamaño de grupos, distribución docente).	<i>“La falta de estudio de los temas relacionados impide el análisis profundo.”</i> <i>“Cuestiones edilicias: capacidad del laboratorio. Número de estudiantes por grupo. Distribución de la planta docente.”</i>
Planificación y enseñanza	Secuencia predecible con introducción teórica, orientación sobre la práctica y preguntas disparadoras; control didáctico elevado.	<i>“Para cada experiencia... se realiza una introducción teórica... y... preguntas disparadoras para estimular el análisis de los resultados.”</i>
Evaluación	Basada en preguntas orales y observación directa durante el TP; no se mencionan instrumentos ni criterios explícitos.	<i>“A través de las respuestas a las preguntas antes mencionadas, así como por medio de la observación del trabajo...”</i>

D9, con experiencia y jerarquía intermedia, concibe los TP como una extensión aplicada del aula teórica. La secuencia de actividades que describe es clara y estructurada: breve introducción conceptual, realización de la experiencia siguiendo un guion y discusión final de lo observado. Este modelo, aunque ordenado, prioriza el control del proceso y deja poco margen para la exploración autónoma del estudiante.

En cuanto a la relevancia formativa, menciona objetivos amplios como el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de análisis, habilidades de manipulación y el trabajo en equipo. Sin embargo, estas intenciones no aparecen articuladas con estrategias didácticas concretas que las sustenten, quedando como metas generales.

Entre las dificultades, señala la falta de estudio previo como barrera para un análisis más profundo de los resultados, así como limitaciones estructurales relacionadas con la capacidad del laboratorio, la cantidad de estudiantes por grupo y la distribución de la planta docente.

En la planificación, se observa un enfoque con alto grado de control didáctico: las actividades siguen un patrón predecible y secuenciado, con momentos delimitados para cada fase del TP. La inclusión de preguntas disparadoras apunta a estimular el análisis, aunque no se detalla su función formativa ni se contextualiza su uso.

La evaluación se realiza de manera informal, a través de preguntas orales y observación directa, sin instrumentos escritos ni criterios definidos. Esto la mantiene integrada al desarrollo de la práctica, pero limita su potencial formativo y la posibilidad de retroalimentación sistemática.

En conjunto, el CDC de D9 expresa una transición entre una lógica escolar centrada en el control y una apertura incipiente hacia propuestas más dialógicas y complejas, aunque todavía sin consolidación en su práctica declarada.

- *“Comprensión de los procedimientos”: resolución técnica sin intervención contextual (D10)*

D10, de jerarquía intermedia y 8 años de experiencia, orienta los TP a la aplicación técnica en esquema de taller subordinado a las clases teóricas, con énfasis en comprender procedimientos; otorga relevancia a la comprensión operativa de reacciones y a la seguridad; no participa de la planificación formal y centra la enseñanza en

ejercitación y resolución técnica; evalúa con diagnósticos y un parcial integrado sin precisar criterios ni retroalimentación; señala como dificultad la repetición de prácticas y la falta de integración entre saberes previos y nuevos. En la tabla 39 se resumen los principales aspectos de su CDC declarado.

Tabla 39. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D10 – Nivel 2, 8 años de experiencia

Dimensión del CDC	Síntesis	Cita clave
Naturaleza atribuida a los TP	Actividad experimental variada en un esquema de taller, pero subordinada a las clases teóricas; enfoque técnico y procedimental. Énfasis en comprender procedimientos.	<i>“Actualmente, y bajo un esquema integrado de taller, se utilizan experiencias de diferentes tipos... Las clases teóricas son utilizadas como referencia en las clases prácticas.”</i> <i>“No solo técnicas, sino comprensión en los procedimientos que desarrollan.”</i>
Relevancia en la formación	Énfasis en la comprensión operativa de las reacciones y en las normas de seguridad; perspectiva funcional y disciplinar.	<i>“Entendimiento de las reacciones puestas en juego, la seguridad y la correcta manipulación...”</i>
Dificultades / limitaciones	Repetición de prácticas ya vistas por el estudiantado; falta de integración entre lo nuevo y lo previo, generando confusión.	<i>“La falta de integración entre lo nuevo y lo previo genera confusión.”</i>
Planificación y enseñanza	No participa de la planificación formal; prioriza la ejercitación y resolución técnica de problemas; docencia como acompañamiento de dudas puntuales.	<i>“No planifico los TP.”</i>
Evaluación	Evaluaciones diagnósticas y parciales integradores; uso de diagnósticos como recuperatorios; sin detalle de criterios o retroalimentación.	<i>“Evaluaciones diagnósticas previas a los TP... una evaluación parcial integrada.”</i>

D10, docente de jerarquía intermedia, concibe el TPL como una instancia de aplicación técnica y procedimental, con diversidad de experiencias bajo un esquema de taller. Sin embargo, esta diversidad está guiada por las clases teóricas, lo que mantiene la subordinación de la práctica a los contenidos conceptuales ya enseñados.

Su concepción formativa se centra en la comprensión operativa de las reacciones químicas, la correcta manipulación de reactivos y el cumplimiento de normas de

seguridad. Este enfoque funcional prioriza el dominio técnico y el contenido disciplinar, sin integrar de manera explícita dimensiones críticas, actitudinales o reflexivas.

Entre las dificultades, señala que muchas de las prácticas son repetitivas y los estudiantes no han logrado una comprensión sólida. La repetición sin integración de saberes previos y nuevos es percibida como un factor de confusión, aunque no se plantean alternativas didácticas para resolverlo.

En planificación, declara no participar del diseño formal de los TP, limitando su margen de intervención. Sus estrategias docentes se orientan a la ejercitación y a la resolución técnica de problemas, con un acompañamiento centrado en responder dudas puntuales más que en guiar procesos de aprendizaje complejos.

En cuanto a la evaluación, menciona el uso de diagnósticos previos y parciales integradores, pero sin detallar criterios o estrategias de retroalimentación. El uso de diagnósticos como recuperatorios evidencia una lógica más acreditadora que formativa.

En conjunto, el CDC de D10 expresa una orientación clara hacia la eficiencia y la resolución técnica, con escasa integración de aspectos reflexivos o de indagación, y una participación limitada en la construcción pedagógica de las clases.

- *“Comprender lo molecular desde lo macroscópico”: un CDC en construcción (D12)*

D12, docente novel (menos de dos años), concibe los TP como reproducción guiada para verificar la teoría, articulando observables macroscópicos con explicaciones “moleculares”; asigna relevancia al afianzamiento conceptual mediante la visualización de fenómenos; no participa de la planificación general y se apoya en guías de estudio; no realiza evaluación individual y acompaña el desarrollo de las actividades; identifica como dificultades la brecha teoría-práctica y la heterogeneidad del estudiantado. La tabla 40 presenta los principales elementos de su CDC declarado.

Tabla 40. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D12 – Nivel 3, 2 años de experiencia

Dimensión del CDC	Síntesis	Cita clave
Naturaleza atribuida a los TP	Reproducción guiada de reacciones químicas siguiendo protocolos; función confirmatoria de lo visto en teoría; conexión macro–micro directa.	<p><i>“Consisten en la realización práctica de las reacciones químicas en el laboratorio siguiendo una guía práctica...”</i></p> <p><i>“Que comprendan lo que sucede a nivel molecular mediante el cambio macroscópico observado.”</i></p>
Relevancia en la formación	Afianzamiento de conceptos teóricos a través de la observación y visualización de cambios macroscópicos y su vínculo con lo molecular.	<i>“Visualizar lo que sucede a nivel molecular mediante los cambios observables macroscópicamente.”</i>
Dificultades / limitaciones	Brecha entre teoría y práctica; estudiantes muy jóvenes y con experiencias previas dispares en química.	<p><i>“Falta de relación entre lo visto en la teoría y su aplicación en el laboratorio.”</i></p> <p><i>“Estudiantes muy jóvenes...”</i></p> <p><i>“Se tiene en cuenta los contenidos que el estudiante ya posee...”</i></p>
Planificación y enseñanza	Uso de guías de estudio para preparación previa; no participa de la planificación general; rol condicionado por jerarquía en el equipo.	<i>“No participo de la planificación general de los TP.”</i>
Evaluación	No realiza evaluación individual; se limita a acompañar el desarrollo de las actividades experimentales.	<i>“No realizo evaluación individual, sólo acompaño el desarrollo de las actividades experimentales.”</i>

D12, con menos de dos años de experiencia docente, presenta un CDC centrado en la ejecución de protocolos experimentales como forma de verificar conceptos teóricos previamente enseñados. Esta concepción, en línea con un modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, se apoya en la conexión directa entre los niveles macroscópico y submicroscópico, sin problematizar la complejidad epistemológica de dicha articulación.

El valor formativo que otorga a los TPL reside en la posibilidad de afianzar la comprensión teórica mediante la observación de fenómenos y su interpretación en

términos “*moleculares*”. Sin embargo, este objetivo no se acompaña de estrategias explícitas para promover habilidades transversales o procesos de pensamiento científico. En cuanto a las dificultades, identifica la falta de articulación entre lo visto en teoría y su aplicación en el laboratorio como una limitación relevante, sumada a la heterogeneidad de las trayectorias previas del estudiantado y a su escasa familiaridad con las demandas de la universidad. Estas percepciones evidencian una sensibilidad inicial a los desafíos de la enseñanza, aunque sin derivar en propuestas de intervención diferenciadas.

Su rol en la planificación es limitado: no participa en el diseño general de los TP, lo que restringe su capacidad de introducir modificaciones didácticas. Las guías de estudio son su principal recurso y no se mencionan estrategias para adaptarlas a los distintos niveles de comprensión del estudiantado.

En evaluación, declara no implementar estrategias para valorar la comprensión individual, limitándose a acompañar el desarrollo de las actividades experimentales. Esta ausencia refleja un CDC en construcción, con un énfasis mayor en la ejecución que en el seguimiento y retroalimentación del aprendizaje.

En conjunto, D12 muestra un perfil en transición, con signos de apertura hacia un desarrollo didáctico más complejo si se le habilitan mayores instancias de participación en la planificación y formación pedagógica.

- “*Que aprendan que pueden aprender química*”: vínculo y motivación como estrategias (D13)

D13, docente novel, plantea TP con ensayos accesibles para identificar reacciones y variables, con propósito relacional y motivacional; valora los TP como primer contacto positivo con la asignatura; en la enseñanza recupera saberes previos, utiliza guías y ejemplos cotidianos sin intervenir en la planificación formal; evalúa mediante participación, calidad de preguntas y explicaciones generales sin instrumentos ni criterios explicitados; reporta falta de tiempo, materiales y guías actualizadas, además de clases perdidas y diversidad de trayectorias. La tabla 41 sintetiza su CDC declarado.

Tabla 41. Síntesis del análisis intrasujeto del docente D13 – Nivel 3, 1 año de experiencia

Dimensión del CDC	Síntesis	Cita clave
Naturaleza atribuida a los TP	Ensayos para identificar reacciones y variables que afectan resultados; intención de favorecer la comprensión y la experimentación controlada. Propósito relacional y motivacional.	<i>“Ensayos de reacciones químicas simples... qué variables pueden alterar los resultados.”</i> <i>“Que aprendan que pueden aprender química.”</i>
Relevancia en la formación	TP como espacio de aprendizaje y primer contacto positivo con lo disciplinar	<i>“Es la instancia que genera el primer contacto positivo del estudiante con la asignatura.”</i>
Dificultades / limitaciones	Falta de tiempo, materiales, guías actualizadas y clases perdidas por paros/feriados; reconoce diversidad de trayectorias.	<i>“Falta de tiempo... ausencia de guías de trabajo actualizadas.”</i>
Planificación y enseñanza	Recupera saberes previos, utiliza guías y ejemplos de la vida cotidiana; activa conocimientos en común; no participa de la planificación formal.	<i>“Recuperación de ideas previas... ejemplos de la vida cotidiana.”</i>
Evaluación	Se basa en la participación, la calidad de las preguntas y la capacidad de identificación y explicación general de reacciones.	<i>“A través de la participación en clases... capacidad de identificar reacciones y explicarlas en términos generales.”</i>

D13, con menos de dos años de experiencia, presenta un CDC emergente en el que la motivación y el vínculo positivo con la química ocupan un lugar central. Concibe los TP como ensayos accesibles que permiten al estudiantado reconocer reacciones y explorar variables que afectan los resultados, favoreciendo así la comprensión desde la experimentación controlada.

Otorga un doble valor a los TP: por un lado, como vehículo de aprendizaje disciplinar, y por otro, como espacio afectivo capaz de generar el primer contacto positivo de muchas y muchos estudiantes con la asignatura. Esta dimensión emocional, poco frecuente en otros perfiles, aparece como un eje fundamental de su propuesta.

Entre las dificultades, señala limitaciones estructurales como la falta de tiempo, materiales y guías actualizadas, así como la pérdida de clases por paros y feriados. Reconoce, además, la diversidad de trayectorias estudiantiles, lo que denota una sensibilidad hacia la heterogeneidad de su grupo.

En la enseñanza, aunque no participa en la planificación formal, despliega estrategias que incluyen la recuperación de saberes previos, el uso de ejemplos cotidianos y la activación colectiva del conocimiento. Estas prácticas evidencian una intención de favorecer aprendizajes significativos y de contextualizar la química en la experiencia del estudiantado.

En la evaluación, se orienta hacia indicadores cualitativos como la participación, la calidad de las preguntas y la capacidad de identificar y explicar reacciones en términos generales. Este enfoque, aunque carece de instrumentos formales y criterios explícitos, privilegia el seguimiento del proceso sobre la acreditación estricta.

En conjunto, D13 estructura un CDC con intenciones claras de inclusión, contención y transformación, que podría fortalecerse en un modelo más complejo si se le otorgaran mayores responsabilidades en el diseño didáctico y acceso a espacios de formación pedagógica.

La revisión individual de los seis casos documentados en el Estudio II-B muestra una notable diversidad en la forma en que se conciben y desarrollan los TPL. Mientras que algunos perfiles priorizan la ejecución técnica y la confirmación de contenidos teóricos, otros ponen énfasis en el vínculo afectivo con la asignatura, la contextualización de los saberes y la integración de distintas trayectorias estudiantiles.

En todos los casos, la experiencia previa y el lugar ocupado en la estructura jerárquica del equipo docente influyen de manera directa en la amplitud y complejidad del CDC. Los docentes con mayor trayectoria y responsabilidad en la planificación muestran una visión más estructurada e integrada de la enseñanza, mientras que aquellos con menor jerarquía o experiencia tienden a circunscribirse a la ejecución de actividades definidas por otros, con escasa intervención en el diseño general.

La sistematización de estas miradas permitirá, en el análisis intersujeto, identificar patrones y contrastes entre niveles de experiencia y jerarquía, así como reconocer oportunidades para el fortalecimiento del CDC durante la carrera docente.

Análisis Intersujeto

A partir del análisis de cada docente en forma individual, se realizó un segundo momento interpretativo orientado a identificar regularidades, contrastes y tensiones entre los casos. Este análisis intersujeto permitió explorar cómo se distribuye el CDC declarado en función de jerarquía de las y los docentes, así como también visibilizar distintas concepciones sobre la enseñanza experimental en el nivel universitario.

El análisis se organizó en torno a las mismas cinco dimensiones del CDC utilizadas en el análisis intersujeto: (1) la naturaleza atribuida a los TP, (2) su relevancia en la formación de las y los estudiantes, (3) las dificultades o limitaciones de su enseñanza, (4) las formas de planificación y enseñanza empleadas, y (5) las estrategias de evaluación. Este abordaje permitió describir el CDC declarado por cada docente comparando cómo estas concepciones varían según el nivel jerárquico, identificando posibles trayectorias de construcción del CDC a lo largo de la carrera docente.

1. Naturaleza atribuida a los trabajos prácticos

En los tres niveles jerárquicos se sostuvo una concepción generalizada de los TP como instancias subordinadas al desarrollo teórico. En las y los docentes con mayor jerarquía (D1 y D4), esta mirada adquirió una forma propedéutica y tradicional, entendiendo el TP como mecanismo de afianzamiento de contenidos o de preparación para materias posteriores. En estos casos, el laboratorio no se concibe como un espacio de construcción situada del conocimiento, sino como una prolongación técnica del programa.

En los docentes intermedios (D9 y D10), si bien se reconoció la especificidad de la actividad experimental, el laboratorio fue comprendido como una instancia de aplicación o verificación de lo explicado teóricamente. La experimentación no aparece como fuente de interrogantes o de reformulación conceptual.

Por su parte, las docentes nóveles (D12 y D13) pusieron mayor énfasis en la experiencia concreta del estudiante. Mientras D12 sostuvo una mirada tradicional, centrada en la verificación empírica, D13 apostó a una concepción más relacional y significativa, posicionando al TP como oportunidad para generar vínculos positivos con la química.

2. Relevancia en la formación de las y los estudiantes

Las concepciones sobre la función formativa de los TP variaron considerablemente. En los niveles superiores, su valor se justificó por su utilidad en el recorrido curricular, sin referencias a la formación integral de la o del estudiante.

En los niveles intermedios, se enfatizó la consolidación de aprendizajes previos y el refuerzo de procedimientos técnicos.

En cambio, entre las docentes nóveles se destacó la dimensión subjetiva del aprendizaje: el laboratorio fue concebido como un entorno donde las y los estudiantes pueden construir confianza, curiosidad y sentido. Esta valoración podría vincularse a su cercanía con el rol estudiantil, ya que al momento del relevamiento las docentes nóveles aún eran estudiantes de grado, lo que podría favorecer una mayor empatía y reconocimiento de las necesidades y percepciones del alumnado.

3. Dificultades o limitaciones en la enseñanza

Las dificultades identificadas se distribuyeron entre factores estructurales (tiempo limitado, materiales escasos, interrupciones del calendario académico) y características del estudiantado (falta de preparación previa, trayectorias diversas). Sin embargo, la interpretación de estas dificultades varió notablemente: mientras algunos docentes las presentaron como barreras externas o como falencias del alumnado, otros (en particular las más jóvenes) las reconocieron como parte del escenario real de enseñanza, y mostraron disposición a adaptarse o acompañar esas condiciones.

4. Planificación y enseñanza

La planificación mostró diferencias marcadas según la jerarquía. D1 y D4 asumieron la planificación como una tarea centrada en el cumplimiento del programa, con escasa atención a la diversidad o a la adaptación pedagógica. D10 y D12 declararon no participar en el diseño de los TP, lo que revela una distribución desigual de la responsabilidad didáctica al interior del equipo. D13, aun sin intervenir formalmente en la planificación, expresó un repertorio más amplio de estrategias, incluyendo la activación de saberes previos, el uso de ejemplos cotidianos y la organización de secuencias comprensibles.

5. Evaluación

La evaluación en los TP fue la dimensión más heterogénea y menos sistematizada. En todos los niveles se evidenció la ausencia del informe de laboratorio como herramienta formal de evaluación. En los niveles superiores, se mencionaron observaciones informales, tareas domiciliarias o directamente la imposibilidad de evaluar. En los niveles intermedios, se describieron estrategias puntuales, como preguntas orales o diagnósticos, sin vinculación clara con objetivos pedagógicos. En los niveles iniciales, se priorizó una evaluación de tipo cualitativa, basada en la participación, la formulación de preguntas o la identificación general de fenómenos, aunque sin instrumentos definidos.

Con el fin de condensar la información y facilitar la comparación entre perfiles, se elaboró una tabla de síntesis (tabla 42) que cruza las cinco dimensiones analizadas con los niveles jerárquicos del equipo docente. Este recurso permitió sistematizar las convergencias y diferencias observadas en el CDC declarado, atendiendo tanto a la experiencia y jerarquía como a las particularidades de cada perfil.

Tabla 43. Comparación del CDC declarado según dimensiones y niveles jerárquicos del equipo docente

Dimensión	Nivel 1 (D1, D4)	Nivel 2 (D9, D10)	Nivel 3 (D12, D13)
Naturaleza atribuida a los TP	Concepción propedéutica, subordinada a la teoría; laboratorio como confirmación o preparación para materias posteriores.	Aplicación o verificación de lo explicado teóricamente; estructura guiada por guiones.	D12: verificación empírica y conexión macro–micro directa; D13: experiencia concreta y relacional, orientada al vínculo positivo con la química.
Relevancia en la formación	Valor centrado en la utilidad curricular; sin referencias a formación integral o habilidades transversales.	Consolidar aprendizajes previos y reforzar procedimientos técnicos; intención integradora poco articulada.	Generar confianza, curiosidad y sentido; primer contacto positivo con la química (en especial en D13).
Dificultades / limitaciones	Tiempo limitado y materiales escasos; atribución de problemas al estudiantado (falta de compromiso o preparación).	Tiempo/materiales insuficientes, falta de estudio previo y limitaciones edilicias.	Tiempo/materiales insuficientes; diversidad de trayectorias; falta de articulación teoría–práctica.
Planificación y enseñanza	Planificación centrada en el programa; escasa atención a la diversidad; estructura jerárquica definida.	No participan de la planificación; ejecución técnica con alto control didáctico.	No participan de la planificación; D13 implementa activación de saberes previos, ejemplos cotidianos y estrategias de motivación.
Evaluación	Observaciones informales y tareas puntuales; ausencia de informe de laboratorio como herramienta sistemática.	Preguntas orales y diagnósticos, sin criterios explícitos ni retroalimentación formal.	Evaluación cualitativa basada en participación, calidad de las preguntas y capacidad de explicación general.

Del análisis comparado surgen diferencias claras vinculadas a la jerarquía y la experiencia docente. En los niveles superiores predominan enfoques centrados en la función propedéutica y en la subordinación del laboratorio a la teoría, con planificación programática y evaluación poco sistematizada. En los niveles intermedios, aunque

aparecen intenciones de integrar teoría y práctica, las estrategias se mantienen estructuradas y con bajo margen para la exploración autónoma. En los niveles iniciales, especialmente en el caso de D13, se observa mayor énfasis en la dimensión relacional y en la motivación estudiantil, aunque sin participación formal en la planificación.

El CDC en el laboratorio universitario se construye de forma desigual, jerárquica y, en muchos casos, de manera artesanal. Las decisiones, los saberes y las responsabilidades se distribuyen en función de la experiencia y el cargo, sin criterios compartidos ni dispositivos formativos institucionalizados. Esto genera una enseñanza que reproduce tradiciones, pero que no siempre promueve la reflexión pedagógica.

Sin embargo, se observan aperturas. Los docentes más jóvenes, aunque con menos herramientas sistematizadas, traen consigo una disposición más sensible al vínculo pedagógico y una mirada más centrada en el estudiante. Esta heterogeneidad dentro del equipo docente no es solo un desafío, sino también una oportunidad para pensar estrategias de formación que reconozcan la complejidad de esta “coreografía del laboratorio” y trabajen en la articulación del CDC como construcción colectiva.

El análisis del CDC declarado permite identificar patrones recurrentes junto con áreas de conflicto o ambigüedad. Para comprender cómo estas concepciones se expresan (o transforman) en la práctica concreta, resulta necesario incorporar el análisis del CDC en acción. A continuación, se presenta un ejercicio de triangulación que articula las declaraciones de los docentes con los registros de clase obtenidos en el Estudio I-B, profundizando en el modo en que el CDC se materializa (o no) en las situaciones reales de enseñanza.

Triangulación entre CDC declarado y CDC en acción

La triangulación cualitativa entre las respuestas escritas al instrumento ReCo y las observaciones de clase evidenció que, en los seis casos analizados, el CDC se construye de forma distribuida y jerárquica, con niveles variables de coherencia entre lo declarado y lo realizado. Este patrón, lejos de ser lineal, estuvo altamente condicionado por el lugar que cada docente ocupa en la estructura del equipo y por la distribución desigual de responsabilidades pedagógicas.

En los docentes de mayor jerarquía (D1 y D4) se observó una correspondencia notable entre lo declarado y lo realizado, aunque esta coherencia estuvo asociada a un enfoque tradicional y transmisivo. Las clases se centraron en la exposición de contenidos teóricos, con escasa participación estudiantil y sin evaluación sistemática. La planificación respondió a una lógica programática y el vínculo pedagógico fue distante, con delegación de las interacciones individuales a colaboradores de menor jerarquía. Este funcionamiento refuerza la estructura vertical del equipo, donde la conducción recae en unos pocos y las funciones se distribuyen según el cargo.

En los docentes de jerarquía intermedia (D9 y D10), las declaraciones mostraron intenciones pedagógicas más abiertas (por ejemplo, fomentar el pensamiento crítico o integrar teoría y práctica), pero las observaciones evidenciaron clases estructuradas y con bajo margen para la exploración autónoma. Las estrategias docentes fueron homogéneas y poco diferenciadas, y la evaluación se orientó más al control de la tarea que a la comprensión conceptual, reproduciendo en la práctica un formato de trabajo guiado y predecible.

En las docentes con menor experiencia (D12 y D13), la triangulación puso de relieve una tensión particular: sus declaraciones evidenciaron sensibilidad hacia las trayectorias estudiantiles y disposición para acompañar los procesos de aprendizaje, pero sus posibilidades de intervención se vieron limitadas por la estructura jerárquica del equipo. En la práctica, sus acciones se centraron en el seguimiento de las actividades en las mesadas y la resolución de dudas puntuales, con escasa participación en la planificación y en las instancias formales de evaluación. Esta cercanía cotidiana con los estudiantes, favorecida por su reciente tránsito por el rol estudiantil, coexiste con la falta de autonomía para incidir en la organización general.

La triangulación caracterizó un CDC colectivo (CDCc) construido más por imitación de prácticas que por reflexión compartida. Este patrón confirma lo señalado en el análisis intersujeto: un modelo artesanal de transmisión del oficio docente, sostenido por la experiencia y la jerarquía, en el que el conocimiento didáctico circula de manera vertical y fragmentada.

La comparación entre el CDC declarado y el CDCa permitió identificar un conjunto de hallazgos transversales que enriquecen la comprensión de la dinámica docente en el laboratorio universitario:

El rol del auxiliar como engranaje central

Buena parte del contacto directo con el estudiantado recae en docentes de menor jerarquía, que median entre el guion planificado y la ejecución real. Esta función incluye acompañar prácticas en las mesadas, resolver dudas y verificar procedimientos, mientras que los niveles superiores supervisan globalmente el desarrollo.

La evaluación como control o como retroalimentación

En los niveles altos, la evaluación se centra en verificar el cumplimiento de lo esperado según el programa, sin retroalimentación formativa individualizada. En los intermedios predomina un enfoque acreditador, y en los iniciales se opta por formas informales (participación, calidad de preguntas) que refuerzan la comprensión inmediata, aunque sin criterios sistemáticos.

La dimensión relacional como diferencial de los niveles

En los niveles iniciales se observa una cercanía notable con el estudiantado: interacción constante, escucha activa y apoyo en la resolución de problemas. Esta proximidad, favorecida por su reciente tránsito por el rol estudiantil, facilita la comunicación y la confianza, aunque no siempre se traduce en intervenciones didácticas planificadas.

El laboratorio como espacio de formación profesional más allá de la técnica

Aunque para las y los docentes de niveles altos el laboratorio se concibe sobre todo como instancia propedéutica, en la práctica aparecen momentos que trascienden lo procedimental. En los intermedios, el énfasis en la comprensión operativa y la seguridad apunta a competencias profesionales, mientras que en los iniciales se transforma en un espacio de descubrimiento y motivación hacia la química.

El lenguaje técnico-pedagógico como marcador de trayectoria

El uso de un discurso pedagógico más elaborado se asocia a trayectorias con formación específica en educación. Este lenguaje permite explicitar intenciones y criterios, aunque no siempre se acompaña de estrategias diferenciadas en la práctica.

La “coreografía del laboratorio” como entramado jerárquico

La triangulación confirma que las clases prácticas se desarrollan siguiendo una coreografía implícita, resultado de un entramado jerárquico que organiza funciones y movimientos en el laboratorio. En los niveles superiores, la labor se centra en la conducción general: impartir instrucciones, supervisar de manera simultánea el trabajo de auxiliares y estudiantes, y evaluar tanto el desarrollo experimental como el cumplimiento de esa coreografía establecida. Los niveles iniciales, en cambio, se sitúan

más cerca de las mesadas, acompañando de manera directa las tareas experimentales, resolviendo dudas y garantizando el cumplimiento de las consignas. Esta dinámica no es nueva: reproduce patrones históricos en la organización de los laboratorios universitarios y constituye, en sí misma, un dispositivo de transmisión del oficio. En ese hacer cotidiano, que combina repetición, ajuste y aprendizaje situado, se va conformando el CDCc, un saber didáctico específico del laboratorio, construido por la práctica compartida y la imitación de modelos preexistentes en vez de una reflexión sistemática.

En conjunto, estos hallazgos muestran que el CDC en el laboratorio se presenta como una construcción jerárquica, distribuida y, en muchos casos, artesanal. La experiencia y el cargo determinan no solo las funciones asignadas, sino también las oportunidades para intervenir en la planificación y en la reflexión pedagógica, reproduciendo tradiciones que conviven con aperturas y sensibilidades emergentes en los niveles iniciales.

4.3.6 Discusión de los Resultados del Estudio II-B

El Estudio II-B permitió contrastar el CDC declarado por seis docentes universitarios de QI con su CDCa, documentando cómo la jerarquía, la experiencia y las condiciones institucionales influyen en las prácticas reales de enseñanza en el laboratorio. En este sentido, este estudio no solo confirmó varias tendencias identificadas previamente (predominio de un enfoque validativo, ausencia de informe de laboratorio, débil integración explícita de las particularidades estudiantiles), sino que aporta una mirada situada sobre cómo estas concepciones se concretan o se transforman en la práctica. Este análisis se vuelve especialmente relevante frente al vacío señalado en la literatura (Wei *et al.*, 2019, Chen & Chen, 2021) sobre estudios centrados en el CDC de docentes universitarios expertos en laboratorios de química, lo que convierte este trabajo en un aporte original para el campo.

En términos generales, los resultados confirman un patrón ya detectado en el estudio II-A: el laboratorio es concebido mayoritariamente como instancia de aplicación y verificación de contenidos teóricos, más que como un espacio autónomo de construcción de conocimiento (van den Berg, 2009, 2013, Séré, 2002). Desde la

perspectiva de Bond-Robinson (2005), las prácticas observadas se ubican predominantemente en niveles CDQ-1 y CDQ-2, con menores evidencias de interacciones propias del CDQ-3, que implican guiar el razonamiento conceptual de los estudiantes, promover la indagación y utilizar de forma flexible las representaciones químicas.

Si bien algunos docentes nóveles evidenciaron disposición a generar vínculos pedagógicos más cercanos y a activar saberes previos, particularmente el caso de D13, las limitaciones estructurales y la distribución jerárquica de tareas restringieron la posibilidad de que estas intenciones se tradujeran en interacciones de nivel CDQ-3. Estas restricciones son coherentes con lo señalado por Wei y Liu (2018) respecto a la influencia de factores contextuales (tiempo limitado, espacio físico reducido, número elevado de estudiantes) sobre la forma en que se desarrolla el CDC.

La atención explícita a las particularidades estudiantiles apareció de forma marginal, como en el II-A, pero aquí se añade que la existencia de una planificación madre elaborada por la cátedra y la falta de formación pedagógica formal influyen en que la preparación personal no sea reconocida como “planificación”. Esto reproduce el modelo artesanal de transmisión del oficio docente descrito por Lorenzo (2017), donde el aprendizaje de la enseñanza se da por imitación y experiencia más que por un diseño intencional explícito.

En la dimensión de la evaluación, las observaciones confirman lo hallado en el II-A: ausencia del informe de laboratorio como herramienta evaluativa sistemática y uso predominante de estrategias orales o informales, sin criterios explícitos ni retroalimentación, lo que debilita su función formativa (Vargas Neira & Bernal Ballén, 2022, Vargas *et al.*, 2024).

Por último, los resultados del II-B pueden interpretarse a la luz de últimos modelos de CDC (Gess-Newsome, 2015, Carlson & Daehler, 2019), que subrayan su carácter dinámico y contextual. Desde esta perspectiva, la interacción entre conocimientos, creencias y condiciones institucionales condiciona las posibilidades reales de innovación didáctica.

La estructura jerárquica del equipo docente no solo organiza la distribución de funciones, sino que condiciona (y a la vez modela) las oportunidades para que cada integrante despliegue y construya su CDC personal (CDCp). El lugar que se ocupa en esa estructura determina el grado de autonomía, la capacidad de incidir en la

planificación y el alcance de las decisiones didácticas, pero también constituye un espacio de aprendizaje situado, donde las prácticas y saberes se transmiten a través de la observación y la participación progresiva. En este sentido, la variabilidad observada en los modos de decidir, tal como señalan Murakami y Lehrer (2021), muestra que el desarrollo del CDC no responde únicamente a la experiencia o al conocimiento disciplinar, sino que está profundamente mediado por el perfil profesional y el contexto institucional en el que se ejerce.

En suma, el II-B muestra un CDC que, más que construirse colectivamente a partir de procesos reflexivos, se organiza siguiendo un modelo artesanal de transmisión del oficio docente, donde cada rol se ejecuta según un libreto implícito definido por la jerarquía. Esta dinámica constituye lo que se denominó *coreografía del laboratorio*, en consonancia con el concepto de *coreografía didáctica* de Zabalza Beraza y Zabalza Cerdeirina (2019), entendida como la disposición intencional (aunque no siempre explícita) de acciones, interacciones y recursos que estructuran la experiencia de enseñanza y aprendizaje.

En el caso analizado, esta coreografía se materializa en un entramado jerárquico e históricamente sedimentado: los niveles superiores conducen la secuencia general, imparten instrucciones y supervisan simultáneamente el trabajo de auxiliares y estudiantes, evaluando el desarrollo experimental y el cumplimiento de la coreografía implícita; los niveles iniciales, por su parte, se sitúan cerca de las mesadas, acompañando las tareas experimentales, resolviendo dudas y asegurando la ejecución de las consignas. Este hacer cotidiano, reiterado, ajustado y compartido, no solo organiza el trabajo, sino que constituye el principal dispositivo de transmisión del saber didáctico propio del laboratorio. De este modo, la coreografía del laboratorio se revela como un mecanismo central de construcción del CDCc, a la vez que como un campo fértil para intervenciones formativas que promuevan su resignificación hacia propuestas más integrales y colaborativas.

4.3.7 Conclusiones Parciales del Estudio II-B

El Estudio II-B permitió documentar, desde una perspectiva situada y comparativa, cómo se construye, distribuye y ejerce el CDC en clases prácticas de laboratorio de QI en la universidad. A diferencia del Estudio II-A, centrado exclusivamente en el CDC

declarado, este subestudio incorporó observaciones de clase que posibilitaron analizar el CDCa y contrastarlo con las declaraciones de los propios docentes.

Los resultados muestran que el CDC no se presenta como un conjunto estable de saberes, sino como una construcción social situada, atravesada por factores institucionales, jerárquicos y experienciales. La enseñanza en el laboratorio se manifiesta como una práctica compartida pero asimétrica, donde los saberes pedagógicos se distribuyen de forma desigual. Las funciones, responsabilidades y márgenes de decisión de cada docente están fuertemente condicionados por su jerarquía dentro del equipo, lo que genera zonas de autonomía y otras de subordinación.

La estructura jerárquica no solo condiciona las posibilidades de acción de cada docente, sino que también moldea progresivamente su manera de enseñar. Los docentes de mayor jerarquía concentran la planificación, la supervisión global y la evaluación del desarrollo experimental, mientras que los de menor jerarquía se ubican más cerca de las mesadas, acompañando de forma directa el trabajo del estudiantado. Este entramado organiza el saber didáctico del laboratorio y reproduce, de manera implícita, tradiciones históricas de este espacio formativo.

En los perfiles noveles se observó una disposición más marcada hacia el acompañamiento y el vínculo pedagógico, favorecida por su cercanía con la experiencia estudiantil reciente. Aunque estas actitudes no siempre derivan en propuestas innovadoras, sí revelan un potencial para la reflexión pedagógica y el desarrollo de enfoques más centrados en el aprendizaje del estudiante.

La contrastación entre lo declarado y lo observado permitió identificar tensiones clave entre tradiciones de enseñanza, estrategias individuales y relaciones pedagógicas desiguales que estructuran la práctica en el laboratorio. Lejos de replicar mecánicamente el formato de la clase expositiva, las clases prácticas y experimentales articulan planificación, acción, evaluación y trabajo en equipo bajo un patrón organizativo propio.

En este marco, la *coreografía del laboratorio* se presenta como una metáfora que describe la lógica interna de estas clases: una secuencia de acciones entrelazadas, sostenidas por normas implícitas y distribuidas jerárquicamente, que construye y transmite un saber didáctico específico del contexto experimental universitario. Reconocer esta coreografía y su papel en la formación del CDCc es un paso necesario para avanzar hacia modelos de enseñanza más colaborativos y reflexivos.

En conjunto con lo desarrollado en el Estudio II-A, los resultados de este subestudio profundizan la comprensión del CDC y ofrecen insumos para pensar propuestas de formación docente que contemplen las particularidades de la enseñanza en el laboratorio.

4.3.8 Conclusiones generales del Estudio II

La integración de los hallazgos de los subestudios II-A (CDC declarado) y II-B (CDCa) permitió construir una caracterización más completa del CDC de las y los docentes universitarios de QI en clases de TPL. Este abordaje combinado puso en relación lo que las y los docentes afirman hacer con lo que efectivamente realizan, identificando tanto zonas de coherencia como contradicciones entre intenciones y prácticas.

En ambos subestudios se confirmó que el laboratorio es valorado como espacio de enseñanza, aunque predomina una concepción funcional e instrumental: la práctica experimental aparece subordinada a la validación de contenidos teóricos y al cumplimiento del programa. Esto se refleja en que, durante las instancias experimentales, predominan las interacciones orientadas a la ejecución de procedimientos.

El análisis conjunto también evidenció la fuerte incidencia de la estructura jerárquica en la conformación del CDC. En los niveles de mayor jerarquía, el discurso y la práctica se mostraron coherentes, pero enmarcados en enfoques centrados en contenidos y con una atención limitada a la diversidad estudiantil. En niveles intermedios y nóveles surgieron intenciones pedagógicas más abiertas, como promover el vínculo o integrar teoría y práctica, que no siempre se concretaron debido a la planificación centralizada, la distribución desigual de responsabilidades y la escasa autonomía para introducir cambios.

La atención a las particularidades del estudiantado, aunque presente en algunos casos, fue esporádica y no sistemática. Si bien se observaron ajustes en función de las necesidades del grupo, estos tendieron a implementarse de forma implícita, sin constituir un eje deliberado de la planificación.

Factores contextuales como el tiempo limitado, la disponibilidad restringida de recursos y el tamaño de los grupos condicionaron de forma transversal las posibilidades de acción. Sin embargo, la gestión de estas condiciones dependió en gran medida de la

interpretación y las decisiones de cada docente, lo que generó variabilidad en las estrategias implementadas.

En este marco, la *coreografía del laboratorio* emerge como una noción que sintetiza la organización implícita de las clases: una secuencia de acciones y roles distribuidos jerárquicamente, sostenida por normas y acuerdos no siempre explicitados, que estructura el trabajo docente y condiciona el desarrollo del CDCc. Esta coreografía, reproducida históricamente en la enseñanza experimental, moldea tanto las posibilidades de intervención de cada perfil docente como la transmisión del saber didáctico propio del laboratorio.

En la espiral metodológica de esta tesis, el Estudio II representa un punto de inflexión: vincula la mirada histórica e institucional del Estudio I con el análisis situado de las prácticas reales, ofreciendo un mapa de relaciones entre concepciones, acciones y condiciones que trasciende lo que las y los docentes pueden verbalizar. Este cierre habilita el pasaje al Estudio III, centrado en la reconstrucción detallada del CDC de un único docente universitario en condiciones reales de enseñanza, tanto presenciales como remotas, lo que permitirá profundizar en la comprensión de cómo se configuran y adaptan los distintos componentes del CDC en la práctica.

4.4 Resultados del Estudio III: el CDC de un docente experto en clases presenciales y de enseñanza remota de emergencia

Este tercer y último giro analítico de la tesis continúa el movimiento espiralado propuesto en el diseño metodológico, al pasar de una perspectiva colectiva sobre las prácticas docentes (Estudio II) a una exploración profunda del CDC de un docente universitario con amplia trayectoria. Este enfoque permite observar cómo se conforma, sostiene y adapta el CDC en condiciones reales de enseñanza, incorporando las tensiones entre la presencialidad y la virtualidad y brindando una comprensión más situada y singular del saber profesional en acción.

En consonancia con el Objetivo III de esta tesis, el estudio se propuso documentar el CDCa de un docente experto a cargo de clases prácticas y experimentales de QI, tanto en modalidad presencial como durante la enseñanza remota de emergencia implementada en el contexto de la pandemia por COVID-19. A lo largo de este apartado se presentan, en primer lugar, los fundamentos y objetivos del estudio, seguidos por la descripción de los contextos de enseñanza abordados: las clases presenciales (Estudio III-A) y las clases remotas (Estudio III-B). Finalmente, se desarrollan los análisis, la triangulación entre fuentes e instrumentos, y una discusión que sintetiza los hallazgos principales.

4.4.1 Introducción a los resultados del estudio III

El Estudio III se centra en un docente universitario experto (D1) y analiza su práctica en dos contextos diferenciados: las clases presenciales en el laboratorio previas a la pandemia y las clases virtuales sincrónicas durante el período de confinamiento por COVID-19 en 2020. Esta doble situación permitió indagar no sólo en el CDC manifestado por el docente en distintos formatos de enseñanza, sino también en las adaptaciones realizadas frente al cambio abrupto de modalidad.

Este estudio de caso se inscribe dentro de una estrategia metodológica cualitativa y triangulada, que articula diversos instrumentos como observaciones de clase, registros de discurso, análisis de cuestionarios escritos en profundidad. La elección metodológica busca garantizar una mirada amplia y situada sobre la práctica docente, permitiendo captar tanto los aspectos planificados como los emergentes del CDCa.

Para abordar este objetivo, se diseñaron dos estudios articulados entre sí. El Estudio III-A se centró en el análisis de las clases presenciales del docente D1, específicamente aquellas dedicadas a la clase de TPL sobre la familia del nitrógeno llevadas adelante en un laboratorio universitario de QI. Se trianguló metodológicamente la información proveniente del AD en clase.

Por su parte, el Estudio III-B se centró en las clases desarrolladas durante la enseñanza remota de emergencia, con el propósito de explorar continuidades, rupturas y adaptaciones en el CDC del mismo docente ante el cambio de formato, para lo cual se consideró la clase de Hidrógeno y Oxígeno. Ambos estudios se abordaron desde una estrategia de triangulación metodológica y de investigador, tal como fue detallado en el capítulo anterior.

A continuación, se presentan los resultados de los estudios III-A, seguidos de los del estudio III-B, ambos orientados a documentar del CDCa de un docente experto en QI a la hora de enseñar clases de TPL en el nivel universitario.

4.4.2 Resultados del Estudio III-A. El CDC de un docente experto sobre clases de laboratorio: un estudio de caso

El profesor D1 se desempeñaba como responsable de la asignatura para diferentes carreras de la FBCB de la UNL. Poseía una amplia trayectoria como docente universitario, ha participado en diversas instancias de formación tanto en el campo disciplinar como en el de la didáctica de las ciencias y desarrollaba investigaciones en didáctica de la química. En el marco de la asignatura abordaba las bases teóricas y prácticas de diferentes familias de compuestos inorgánicos tomando como referencia a la tabla periódica.

A continuación, se presentan los resultados en tres apartados:

- 1) en primer lugar, se desarrolla un análisis en profundidad de un episodio particular, titulado *¿De qué color son las cosas?* con el objetivo de mostrar el enfoque metodológico adoptado, así como el modo en que se interpretaron las intervenciones del docente;
- 2) seguidamente, se presentan los resultados obtenidos a partir del AD en clase aplicando la tabla 27;

3) finalmente, se documenta el CDCa del docente a partir de la aplicación de la tabla 28, en base al AD de la clase.

I: ¿De qué color son las cosas?

El profesor D1 organizó su explicación recurriendo a la presentación de evidencia empírica surgida en el laboratorio a sus estudiantes. En el episodio que se analiza a continuación, se observa claramente como articula diferentes momentos explicativos, vinculados a diferentes tópicos, para construir una idea central fuerte a lo largo de su clase: la relevancia de los cambios macroscópicos que se observan en el laboratorio experimental de química como evidencia que sustenta los modelos teóricos de nivel submicroscópico.

Esta idea central se sostiene sobre la articulación entre los niveles representacionales de Johnstone, particularmente entre el nivel macroscópico y el submicroscópico, en un camino de ida y vuelta que recorre el discurso del docente. De forma explícita y en todo momento, D1 destaca las tensiones entre lo que ocurre en el “mundo real”, es decir, lo que sucede en el laboratorio cuando los fenómenos son observados por los estudiantes, con el “mundo modélico” expresado en la teoría química. Al mismo tiempo, va construyendo progresivamente el concepto de modelización mediante procesos de abstracción a partir de la evidencia experimental, descartando de manera fundamentada aquellos rasgos observados atribuibles a otros fenómenos concomitantes que alteran o modifican lo observado.

En este episodio, el indicador macroscópico privilegiado es el color de las sustancias químicas y los cambios de coloración observables durante las transformaciones químicas. A continuación, se transcribe el episodio completo, seguido del análisis de sus momentos principales.

<i>Episodio completo:</i>
<i>D1: Ahora se complicó. El yoduro... ¿Alguien sabe de qué color es el yoduro?</i>
<i>Alumno: Transparente</i>
<i>D1: Incoloro. Los frasquitos se ven tirando a amarillo, pero ¿por qué se ven amarillos? lo vamos a ver, justificar, porque yo digo que es incoloro,</i>

pero no lo vemos incoloro. En realidad, lo vamos a ver cuando veamos halógenos dentro de dos semanas (...)

Aunque es el día de la primavera, no creo que nadie venga a la teoría o van a suspender el picnic para venir a la teoría

D11: pero no hay clases el 21

D1: pero por ahí quieren venir que les de la teoría igual... [se ríen]

Traen los sanguchitos [sic] y hacemos picnic con halógenos

Si ustedes lo ven amarillo es un problema de oxidación que vamos a verlo en la semana de halógenos

El yoduro de potasio como un sólido blanco que se va a disolver en el agua y da una solución incolora. Bien... Los reactivos son incoloros. ¿A qué se puede oxidar el yoduro?

Alumna: A yodo

D1: El yoduro se va a oxidar a yodo. Bien... ¿Qué verá macroscópicamente? ¿Qué color es el yodo? ¿Alguien lo vio? ¿Alguien se acuerda?

Algún/a Alumno (AA): nada, no tiene color, por eso se usa la

AA: Amarronado

D1: ¿verde?

El yodo como sólido es violeta oscuro, pero uno lo ve casi negro. Ahora bien, acá me hablaban de algo que era importante. Me decían pardo, porque recuerdan q lo han usado. Cuando yo tengo muchos... lo voy a hacer acá [escribe a la derecha del pizarrón]... Yoduros, el ácido nitroso, estamos de acuerdo, me lo lleva al yodo, se forma el yodo, que es sólido, pero tengo yodo y yoduro. Entonces inicialmente yo no veo un sólido negro o violeta. Inicialmente se ve un color pardo ¿por qué? Un pardo que se va intensificando en su color. ¿Y qué puede ser esa solución de color parda?

Alumna 2: ¿El triyoduro?

D1: El triyoduro, bien. Recuerden que el yodo es insoluble en agua. Porque una sustancia molecular sólida no se disuelve en agua, pero si yo previamente al agua le agrego yoduro de potasio, el yodo se disuelve formándose este yodo, que ustedes, si no me equivoco, si no faltaron y estuvieron el práctico de oxidación reducción de Química General, trabajaron

con tres oxidantes y tres reductores. ¿No estaban dicromato, permanganato y triyoduro?

Alumna 3: Sí

DI: Y bueno, es este. Entonces este es uno de los colores que no se les tiene que olvidar. Cuando estén trabajando con yodo y vean esto marrón, pardo, depende la concentración. Cuando estén trabajando con yodo y vean una coloración parda, tienen que pensar en el triyoduro.

¿Por qué esta solución de yodo se estará poniendo amarilla?

Algún alumno (AA): [no se escucha]

DI: ¿Qué será lo que le da ese color amarillito?

AA: [no se escucha]

DI: El oxígeno yo les dije que está oxidando el yoduro a yodo, pero como hay poquito, entonces la reacción es lenta, la oxidación es lenta y se le forma poco triyoduro. Entonces, este color amarillito que yo veo, si yo lo dejase mucho más tiempo abierto al oxígeno del aire, iría tomando un color pardo más intenso. Porque en realidad esto sería una solución muuuuy diluida, porque acá hay muy poca cantidad de triyoduro. Bueno, ya saben porque es amarillo.

Bien. Entonces, cuando yo planteo que el yodo que se me oxide, lo voy a plantear, lo puedo plantear a yodo. Si ustedes le agregan todo van a perder mucho la cantidad de reactivos que agregan. Si tiene mucho reactivo, mucho oxidante. Fijense, primero se me va formando esto [señala], pero el oxidante me va haciendo desaparecer el yoduro, me va formando el yodo. Entonces, llega un momento que hasta el oxidante me usa el yoduro de triyoduro y entonces desaparece el triyoduro y queda todo como yodo. Que el producto final sea yodo o triyoduro depende de la cantidad que pusieron. A los fines de justificar es lo mismo. Yo no sé si han ya calculado. ¿No?

Están leyendo del yodo al triyoduro, fijense que es lo mismo. Si alguien tiene dudas puede combinar potenciales y constantes y hallar el potencial del yoduro al triyoduro. ¿A cuál lo vamos a plantear? Bueno, a cualquiera... ¿Alguna pregunta de esto?

¿Qué va a formar el triyoduro? ¿Cuáles son las reacciones?

Bueno... lo hacen prácticamente y después lo justifican.

Análisis del episodio

Momento 1: Planteo del problema y evocación de conocimientos previos

El episodio se inicia con una pregunta del docente, orientada a recuperar conocimientos previos sobre el color del ion yoduro.

DI: “Ahora se complicó. El yoduro... ¿Alguien sabe de qué color es el yoduro?”

AA: “Transparente”

DI: “Incoloro.”

Tras la respuesta de las y los estudiantes, el docente valida la afirmación correcta (incoloro) al mismo tiempo que corrige la expresión “transparente” emitida por el estudiante. Además, introduce inmediatamente una contradicción entre el conocimiento teórico y lo observado en la práctica:

“Los frasquitos [que contienen la solución de ion yoduro] se ven tirando a amarillo. Pero ¿por qué se ven amarillos? (...) Porque yo digo que es incoloro, pero no lo vemos incoloro.

Lo vamos a ver, justificar, porque yo digo que es incoloro, pero no lo vemos incoloro.”

asegurándose de establecer claramente que se trata de una solución incolora. Es entonces que, les presenta a sus estudiantes una observación contraria a su definición anterior: la solución de ion yoduro contenida en los frascos sobre la mesada del laboratorio en el que se desarrolla la clase, que debería ser incolora pero presenta una tonalidad amarilla.

Al plantear abiertamente esta contradicción, entre lo “real” y lo “teórico”, el docente estaría provocando un conflicto cognitivo al tiempo que capta la atención de sus estudiantes dirigiéndola hacia un proceso de justificación de orden epistémico.

Un poco más adelante, anticipa la causa de esa observación empírica que la atribuye al proceso de oxidación.

“Si ustedes lo ven amarillo es un problema de oxidación que vamos a verlo en la semana de halógenos”

Para desarrollar esta justificación, reitera el punto de partida, antes de proseguir con su explicación, en lo que se podría denominar un momento 2, ya que en principio la

conexión con el problema de referencia no se hace evidente en su discurso, como se observa a continuación.

Momento 2: Recuperación y validación de saberes previos:

El docente retoma y sistematiza los conceptos necesarios para la interpretación posterior:

“El yoduro de potasio como un sólido blanco que se va a disolver en el agua y da una solución incolora. Bien...”

“Los reactivos son incoloros” [se refiere al nitrito explicado previamente y al yoduro. Ambos permanecen escritos en la pizarra]

Al igual que en el momento anterior, el docente recurre a una pregunta de bajo nivel de procesamiento cognitivo para introducir un nuevo tema, retomando los conocimientos previos de sus alumnas y alumnos. La pregunta cumple además una función evaluativa ya que le permite reconocer el estado de avance en el desarrollo de su explicación a partir de las respuestas de sus estudiantes.

DI: “¿A qué se puede oxidar el yoduro?”

Alumna: “A yodo”

DI: “El yoduro se va a oxidar a yodo. Bien...”

De este modo, recupera su objetivo inicial a partir de una pregunta que refiere al contenido central de su explicación:

“¿Qué verá macroscópicamente?”

Para luego continuar con otra pregunta que recupera conocimientos previos. Es de destacar que el docente evalúa las respuestas y las corrige ante todo el grupo de manera que no se arrastren errores a la explicación siguiente.

“¿Qué color es el yodo? ¿Alguien lo vió? ¿Alguien se acuerda?”

AA: “nada, no tiene color, por eso se usa la...”

AA: “Amarronado.”

AA: “Verde...”

DI: “¿Verde? El yodo como sólido es violeta oscuro, pero uno lo ve casi negro.”

Además de recuperar conocimientos químicos básicos, las preguntas permiten al docente ajustar el ritmo de la explicación en función del avance del grupo, actuando como instancias de evaluación formativas.

Momento 3: Introducción de un nuevo concepto y progresión conceptual

Un poco más adelante, una vez establecidos dos elementos fundamentales para el análisis que plantea el docente para justificar, introduce un tercer factor a tener en cuenta. Nuevamente recurre a la pregunta para establecer un problema que implícitamente propone resolver a sus estudiantes, retomando los conceptos vertidos en los momentos anteriores. Es interesante remarcar el énfasis que pone el docente en lo que “se ve” en el laboratorio y cómo a partir de la contrastación de las evidencias empíricas de nivel macroscópico de la praxis con los modelos teóricos, se pueden inferir los procesos que ocurren en el nivel submicroscópico que dan cuenta de las transformaciones químicas.

DI: “Pero, tengo yodo y yoduro.

Entonces inicialmente yo no veo un sólido negro o violeta. Inicialmente se ve un color pardo ¿por qué? Un pardo que se va intensificando en su color.

¿Y qué puede ser esa solución de color parda?”

Alumna: “¿El triyoduro?”

DI: “El triyoduro, bien.

Recuerden que el Yodo es insoluble en agua. Porque una sustancia molecular sólida no se disuelve en agua.

Pero si yo previamente al agua le agrego yoduro de Potasio, el Yodo se disuelve formándose este yodo...” [señala el triyoduro en la pizarra]

Esta secuencia explicación-pregunta-respuesta-explicación le permite avanzar en la explicación sin interrumpir la fluidez de la clase, orientando el pensamiento hacia un modelo que relacione la observación y la estructura química.

Momento 4: Cierre del razonamiento y generalización del concepto

Finalmente, luego de haber presentado los tres elementos clave de su explicación (iones yoduro, yodo y triyoduro) realiza un cierre remarcando la importancia de recordar los colores ya que dan cuenta de diferentes aspectos importantes para el trabajo en química (identidad de las sustancias, concentración, transformaciones). Para concluir con el problema planteado inicialmente por medio de la pregunta disparadora.

“DI: Entonces este es uno de los colores que no se les tiene que olvidar.

Cuando estén trabajando con yodo y vean esto marrón, pardo, depende la

concentración. Cuando estén trabajando con yodo y vean una coloración parda, tienen que pensar en el triyoduro.

¿Por qué esta solución de yodo se estará poniendo amarilla? ¿Qué será lo que le da ese color amarillito?”

AA: [no se escucha]

DI: “El oxígeno, yo les dije que está oxidando el yoduro a yodo. Pero como hay poquito, entonces la reacción es lenta. La oxidación es lenta y se le forma poco triyoduro.

Entonces, este color amarillito que yo veo...

Si yo lo dejase mucho más tiempo abierto al oxígeno del aire...,

Iría tomando un color pardo más intenso.

Porque en realidad esto sería una solución muuuuy diluida, porque acá hay muy poca cantidad de triyoduro.

Bueno, ya saben porque es amarillo.”

En el análisis de este episodio, se evidencia que el docente ofreció una explicación completa del fenómeno macroscópico observado (la coloración amarilla), relacionándolo con la cinética de la reacción, la estequiometría y la concentración de reactivos. El cierre también incorpora una valoración de la utilidad de la observación del color en el trabajo químico:

“Cuando estén trabajando con yodo y vean una coloración parda, tienen que pensar en el triyoduro. [...] Bueno, ya saben por qué es amarillo.”

De este modo, se cierra el episodio retomando el problema inicial con una explicación completa que articula los tres niveles representacionales de la química: macroscópico, submicroscópico y simbólico.

Este episodio constituye un ejemplo representativo del modo en que el docente articula los distintos niveles de representación, problematiza las observaciones empíricas y promueve procesos de modelización en el aula. A partir de este ejemplo, se presenta a continuación un análisis sistemático del discurso docente utilizando las categorías presentes en la tabla 27 como instrumento analítico, con el fin de caracterizar los saberes que posee el docente experto para la enseñanza de la QI en clases experimentales presenciales.

2: Análisis discursivo del docente en clases experimentales presenciales

En este apartado se presentan y discuten los resultados obtenidos a partir del AD de D1 durante clases experimentales sobre el Grupo 15 de la tabla periódica. Se puso especial atención en los recursos discursivos empleados, el uso del lenguaje químico y la introducción de términos técnicos, así como en el reconocimiento de los niveles representacionales de Johnstone en los enunciados del profesor. Además, se examinan de manera particular el uso de las preguntas o frases interrogativas para organizar la clase y se evalúa su nivel de procesamiento cognitivo empleando la categorización de Perkins (tabla 27).

Durante las clases analizadas, el profesor priorizó estrategias para favorecer la comprensión del material escrito, y fundamentalmente, para la observación e interpretación de los fenómenos macroscópicos en el laboratorio, en articulación con el conocimiento de los modelos teóricos de la química. Utilizó de manera estratégica, el estudio del caso particular de los contenidos del Grupo 15, para mostrar cuestiones típicas del trabajo en el laboratorio experimental de la química.

Las actividades experimentales correspondían a las incluidas en un material didáctico elaborado por el equipo docente. Algunas de ellas fueron realizadas en clase por el propio profesor, mientras que otras fueron llevadas a cabo por las y los estudiantes, organizados en pequeños grupos de hasta tres integrantes, de acuerdo con su grado de dificultad o riesgo según criterios establecidos y comunicados previamente por la cátedra. Consecuentemente las y los estudiantes, a partir de las diversas experiencias efectuadas, pudieron observar diversos fenómenos macroscópicos tales como el cambio de coloración, el desprendimiento de un gas y la formación de precipitados. En todos los casos, el profesor acompañó la práctica con las explicaciones detalladas, insistiendo en cuestiones técnicas e intentando conectar los contenidos desarrollados en las clases de teoría con las de laboratorio, debido a que, por tratarse de una asignatura de primer año de carrera, las y los estudiantes tienen poca experiencia con el trabajo de laboratorio.

La explicación del profesor se organizó a partir de la discusión de la evidencia empírica surgida durante la práctica experimental en el laboratorio con sus estudiantes. De este modo, el docente fue construyendo una fuerte idea central a partir del desarrollo de diferentes momentos explicativos para cada uno de los tópicos. Esta idea central

subyacente hacía referencia a la importancia del reconocimiento y de la observación de los cambios macroscópicos en el laboratorio experimental de química como hechos empíricos en la que se sustentan los modelos teóricos de nivel submicroscópico.

El profesor inició cada episodio con una descripción de los cambios que iban ocurriendo y en un segundo momento, interpretándolos en función de la teoría química explicitando las tensiones entre el mundo químico modélico, trabajado previamente en las clases teóricas, y las limitaciones propias de la práctica. Además, recurrió al nivel submicroscópico, en permanente interacción con las representaciones simbólicas, el vocabulario específico y la realización de los cálculos termodinámicos para justificar las experiencias realizadas.

Puede decirse entonces que, el docente organizó su explicación en la arista que conecta el nivel macroscópico con el submicroscópico, en un camino de ida y vuelta, destacando las diferencias entre lo que ocurre en el “*mundo real*”, o sea en el laboratorio cuando los fenómenos son observados, y el “*mundo modélico*” expresado en la teoría química.

El docente también ejemplificó la construcción del concepto de modelización usando un proceso de abstracción a partir de la evidencia experimental, que incluía al mismo tiempo, el descarte de manera fundamentada de aquellos rasgos observados atribuibles a otros fenómenos concomitantes que alteraban o modificaban la observación del fenómeno en estudio. Los indicadores de nivel macroscópico, a los que el docente aludió reiteradamente a lo largo de su explicación, fueron el color de las sustancias químicas y los cambios de coloración a tener en cuenta durante las transformaciones químicas.

A partir de este encuadre general, se presenta a continuación el análisis detallado de cinco ejes que permiten caracterizar el CDC puesto en juego por el docente durante la clase. Cada apartado se organiza a partir de categorías teóricas previamente definidas en el instrumento de análisis, e incorpora ejemplos tomados del discurso del profesor para ilustrar las estrategias empleadas. Los cinco ejes considerados son:

1. Recursos del profesor para la enseñanza en clase
2. Recuperación de información previa
3. Lenguaje científico
4. Niveles representacionales de Johnstone
5. Modos de evaluación del profesor

1. Recursos del profesor para la enseñanza en clase

En este primer eje del análisis se recuperan los recursos empleados por el profesor durante la enseñanza del Grupo 15 en su clase de laboratorio. De acuerdo con la categoría 1 del instrumento (tabla 27), estos recursos se organizan en dos grandes grupos: recursos didácticos (subcategoría 1a) y recursos discursivos (subcategoría 1b).

Los primeros incluyen aquellos objetos y soportes materiales a los que el docente recurre para acompañar sus explicaciones, como la escritura sobre la pizarra o la realización de experiencias demostrativas ante sus estudiantes. También forman parte de esta categoría los textos escritos, ya sean proyectados o impresos.

Por otro lado, los recursos discursivos conciernen a aquellos giros propios del género académico que emplea el docente en sus alocuciones, tales como repeticiones, preguntas, comentarios o reformulaciones.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de cada una de estas subcategorías, ilustrados con fragmentos del discurso docente.

1a. Recursos didácticos

El docente organizó sus explicaciones mediante una modalidad expositiva, apoyándose con el uso de la pizarra, el cañón proyector y el material de estudio elaborado por el equipo de cátedra, el cual incluía las actividades a ser resueltas durante la clase. Éstas eran principalmente de dos tipos: recetas para la realización de las prácticas experimentales de laboratorio y tareas de lápiz y papel.

Dentro de la gestión de la clase, el profesor planificó la clase considerando el tiempo disponible e indicó como tarea para el hogar aquellas actividades que no fueron abordadas en el aula y que los estudiantes pudieran completar de manera autónoma, como se ilustra en el siguiente fragmento de su discurso:

“El [ejercicio] 18 es tarea para el hogar. Hay muchos que no hacen la tarea.”

El análisis de la práctica educativa mostró una marcada alternancia entre las explicaciones del profesor y la realización de actividades por parte de las y los estudiantes. En particular, el docente realizaba lecturas selectivas de los enunciados de las actividades presentes en el material, explicando su contenido a fin de facilitar la comprensión de los textos técnicos propios del campo disciplinar. En el siguiente

episodio se observa cómo el docente hace una lectura selectiva y crítica del material impreso (figura 26), en relación con el enunciado de la actividad 17:

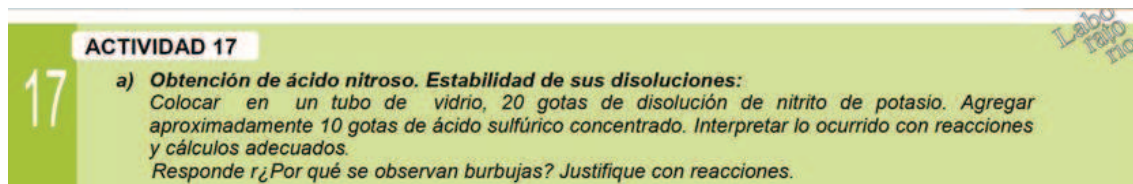


Figura 26. Imagen del material impreso con el que cuenta el alumno donde se muestra parte de la actividad 17.

“...Cuando la técnica les dice 20 gotas (...) Si dice 20 gotas es para que no pongan 10 mililitros dentro del tubo. Cuando dice 1 mililitro (...) no es para que busquen una pipeta y midan 1 mililitro. Les repito, pongan una gota, es para que tengan una idea acá. A menos que fuese una titulación, que necesito volúmenes exactos, un poquito más, un poquito menos, no nos afecta en nada.”

De este modo, los recursos didácticos utilizados por el docente no solo acompañaron la organización de la clase, sino que también facilitaron la interpretación de las consignas experimentales por parte de los estudiantes.

Seguidamente, se analizan los recursos discursivos empleados por el docente para construir sentido a lo largo de sus intervenciones.

1b. Recursos discursivos

A lo largo de sus intervenciones, el profesor utilizó diferentes recursos discursivos entre los cuales se destacan las preguntas de gestión, las repeticiones, los ejemplos y algunas comparaciones. Incluso, retomaba conceptos de cursos anteriores (en los cuales él también se desempeñaba como docente) para contextualizar las actividades:

“Recuerden, en Química General a ustedes se les da reactivo, producto y la reacción la balanceaban le calculaban el delta hache y lo que sea. Pero acá son ustedes los que tienen que predecir si es que ocurren las reacciones.”

Asimismo, fueron frecuentes las secuencias pregunta-respuesta-comentario, empleadas como estrategia para guiar el razonamiento de las y los estudiantes:

“¿Qué tipo extremo de sustancia es el dióxido, este que está acá? ¿Qué tipo extremo de sustancia es? ¿Se acuerdan que existe algo que se llama tipo extremo de sustancia?”

Alumna: “Molecular.”

DI: “Molecular, bien. ¿Será soluble en agua esta sustancia molecular?”

Alumno: “No.”

DI: “No. Recuerden que estas son reglas generales.”

Estas secuencias permitieron al docente sostener un formato dialógico, en el que, si bien predominaba su palabra, se abrían espacios puntuales para la participación estudiantil, promoviendo un seguimiento activo de las explicaciones.

Concluido el análisis de los recursos utilizados para la enseñanza, se presentan a continuación los resultados correspondientes al segundo eje: la recuperación de la información previa por parte del docente.

2. Recuperación de información previa

En general, las explicaciones del docente comenzaban con una pregunta dirigida a las y los estudiantes, con el fin de retomar sus conocimientos previos, tanto sobre los contenidos de Química General como los que fueron desarrollados en esa clase para poder establecer conexiones con la práctica experimental desarrollada. De este modo, el profesor estructuró su clase a partir de la interacción dialógica con sus estudiantes, siguiendo una secuencia semejante a la descrita por Mortimer y Scott (2002): pregunta - respuesta del estudiante - recuperación de la respuesta - nueva explicación - nueva pregunta, iniciando un nuevo ciclo explicativo sobre la práctica a realizar en el laboratorio (Lorenzo, Farré y Rossi, 2010). Para ello, el docente recurría a preguntas retóricas o pseudoevaluativas, haciendo referencia a las dificultades habituales de los estudiantes, asumiendo como conocimientos previos los contenidos trabajados en asignaturas anteriores de química del plan de estudios (curso de articulación: Química y Química General, impartidos por el mismo plantel docente). Este recurso le permitió evocar los conocimientos construidos previamente por sus estudiantes, como se observa en los siguientes comentarios:

“Recuerden que este estado de oxidación +4 lo hemos visto en Química General, cuando trabajábamos con el equilibrio (...) Porque una de las

especies es incolora y la otra es de color pardo, fácilmente puedo visualizar una u otra.”

“Ustedes, si no me equivoco, si no faltaron y estuvieron en el práctico de óxido reducción de Química General, trabajaron con tres oxidantes y tres reductores. ¿No estaban dicromato, permanganato y triyoduro?”

Si bien el docente presentaba preguntas que invitaban a las y los estudiantes a participar activamente de la clase, durante la mayor parte del tiempo el profesor retuvo la palabra, con intervenciones extensas y explicaciones encadenadas, mientras que las respuestas de los estudiantes fueron principalmente breves y de formato cerrado, con respuestas cortas a las preguntas que el docente les planteaba.

Un ejemplo de esta estrategia de exploración de conceptos ya conocidos puede observarse en el siguiente episodio centrado en los números de oxidación, en el que el docente guía a sus estudiantes en la identificación de los estados de oxidación del nitrógeno durante una reacción de desproporción:

“Bien, De todas formas, ¿A qué va a desproporcionar? ¿Qué estado de oxidación el nitrógeno acá?”

Alumna: “ $+3$?”

DI: “ $+3$. Tiene que reducirse y oxidarse. ¿A qué se puede reducir? Fíjense en el diagrama que especie tengo al lado.”

Alumna: “ $+2$.”

DI: “ $+2$ ¿Cuál sería la especie?”

Alumna: “Monóxido de nitrógeno”

DI: “No, No... Monóxido de nitrógeno ¿Y a qué se va a oxidar?”

Alumna: “ $+5$.”

DI: “Bien, a $+5$... ¿Qué estaría dado?”

Alumna: “Por el nitrato.”

DI: “Bien, estas especies o esta conducta la tienen que tener presente.”

En este intercambio se evidencia cómo el docente utiliza una serie sucesiva de intervenciones con carácter exploratorio para promover la evocación del conocimiento previo, reconducir las respuestas de los estudiantes y profundizar en la comprensión conceptual del proceso redox.

Además, en distintos momentos de su discurso anticipa los contenidos a ser abordados en clases futuras y hace referencia a aspectos evaluativos (como los exámenes

parciales), lo cual permite a los estudiantes situar los saberes en un marco curricular más amplio y significativo, como puede evidenciarse de la siguiente cita:

“Recuerden que quedan dos semanas más de clase y después viene el parcial.”

De este modo, la recuperación de información previa se constituyó en un recurso clave para establecer conexiones entre conceptos ya trabajados y los nuevos, generando continuidad curricular y construir progresivamente los conceptos centrales de la clase. Las preguntas, aunque orientadas y mayormente retóricas, habilitaron espacios para la revisión colectiva de conocimientos previos y para su articulación con las prácticas del laboratorio.

En el apartado siguiente se analiza el modo en que el docente empleó el lenguaje científico durante sus explicaciones, tanto en la introducción de términos técnicos como en la explicitación de estructuras propias del discurso químico.

3. Lenguaje científico

A lo largo de sus intervenciones, el docente recurría a un lenguaje con alta densidad de vocabulario técnico específico del campo de la QI, incluyendo términos, ecuaciones y objetos simbólicos de notable complejidad. No obstante, su discurso no se limitó a una enunciación formal de estos elementos, sino que estuvo orientado a definir, contextualizar y operacionalizar los conceptos desarrollados durante la clase, de modo de favorecer la comprensión por parte de los estudiantes.

3a. Explicación de vocabulario técnico

En múltiples ocasiones, D1 introdujo términos propios del discurso químico académico, acompañando su uso con definiciones intencionales, paráfrasis o reformulaciones. Este abordaje se observa, por ejemplo, en la siguiente intervención:

“¿Por qué es inestable? Inestable significa que no lo puedo tener.”

La definición no solo simplifica el término técnico, sino que lo vincula con un criterio experimental de estabilidad observable, estableciendo un puente entre el concepto y la experiencia del laboratorio.

En otro momento, al referirse al triyoduro, utilizó una secuencia de preguntas encadenadas:

“Esto es yodo, esto es triyoduro. ¿Cuál es la diferencia entre el ión triyoduro y el yodo? Que tiene carga. ¿Cuánta carga?”

aquí se observa cómo introduce gradualmente los conceptos a través de preguntas encadenadas que acompañan la definición formal con aspectos químicos clave (composición, carga, estados de oxidación).

3b. Uso de registros simbólicos y representaciones

El profesor también hizo uso frecuente de fórmulas químicas, ecuaciones termoquímicas y esquemas como parte de sus explicaciones. Estas representaciones simbólicas fueron empleadas tanto de forma oral como escrita (en el pizarrón o proyectadas), en interacción con los otros niveles del discurso.

Por ejemplo, al referirse a una desproporción del nitrógeno, menciona:

“El nitrógeno pasa de +3 a +5 y a +2. Eso significa que se oxida y se reduce. Entonces, es una reacción de desproporción.”

Este enunciado vincula estados de oxidación, cambios electrónicos y nomenclatura de reacciones, constituyendo un ejemplo claro del uso del registro simbólico como soporte explicativo.

Del mismo modo, el docente menciona explícitamente cálculos termoquímicos y representaciones estructurales cuando trabaja con gases tóxicos del grupo 15:

“Si ustedes calculan la entalpía estándar de formación y el potencial estándar de reducción, se dan cuenta por qué es más estable el óxido que el ácido.”

Estas intervenciones muestran cómo el lenguaje simbólico y cuantitativo no es utilizado de manera aislada, sino articulado con la explicación conceptual, la experimentación y la argumentación sobre estabilidad, reactividad o toxicidad.

Es de destacar que la forma de introducción de conceptos utilizada permite observar que el docente no presupone un dominio pleno del lenguaje técnico por parte de sus estudiantes, sino que organiza sus explicaciones en función de conocimientos previos esperables. Con estas intervenciones, el docente no solo brindó apoyos discursivos para facilitar la apropiación progresiva del vocabulario disciplinar, sino que además las integró a las experiencias de laboratorio y a los modelos explicativos propios de la química, en coherencia con el enfoque de la asignatura.

A continuación, se analiza cómo el docente articuló los diferentes niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) en sus explicaciones, de acuerdo con el marco propuesto por Johnstone (1982, 1993).

4. Niveles representacionales de Johnstone

La aplicación del modelo de los niveles representacionales de Johnstone al AD docente permitió detectar ciertas particularidades que dieron lugar a una revisión y profundización de las categorías, especialmente al considerar la naturaleza específica de los contenidos abordados en el laboratorio como fuera introducido por el grupo en Sánchez *et al.* (2021).

a. Nivel macroscópico: praxis, semántico y epistémico

Se registraron numerosos episodios discursivos en los que el docente hacía referencia al nivel macroscópico. Sin embargo, el análisis detallado permitió distinguir en este nivel tres subniveles diferenciados, que responden a distintas funciones dentro del discurso: praxis, semántico y epistémico.

i) Subnivel macroscópico de la praxis:

Este subnivel incluye enunciados orientados a guiar la realización concreta de la práctica experimental. Se refiere a expresiones del docente que remiten a la observación directa de fenómenos visibles, la manipulación de materiales o la toma de decisiones prácticas durante el experimento. En muchos casos, se presentan como recomendaciones concisas sobre cómo proceder durante la actividad, lo que permite acompañar y modelar el hacer experimental de los estudiantes.

“Entonces obviamente las burbujas me están diciendo que hay un gas”

“Fíjense el color que se ve”

“Cambios macroscópicos entonces: incoloro, precipitado a negro o solución color parda y desprendimiento de un gas”

“Y si ustedes notan el pequeño detalle: la pequeña cantidad de azufre que puse. No llené el tubo de ensayo”

“¿No vieron burbujitas en el permanganato? Yo vi burbujas.”

Estas expresiones fueron utilizadas a fin de orientar la atención de las y los estudiantes sobre aspectos visuales, auditivos o materiales relevantes durante la experiencia de laboratorio, sin desarrollar una interpretación conceptual.

ii) Subnivel macroscópico semántico:

Se refiere a expresiones en las que el docente conecta el fenómeno perceptible con su significado químico. El lenguaje se mantiene en el plano de lo observable, pero se lo carga de sentido a partir de los marcos conceptuales que se espera que los estudiantes hayan construido.

“Esta reacción la deben recordar y, además, estoy viendo de forma indirecta, además de ver la estabilidad, estoy viendo la conducta química del ácido nitroso.”

Aquí el docente se posicionó como un mediador entre el fenómeno empírico y su interpretación, articulando las clases teóricas con la práctica experimental.

iii) Subnivel macroscópico epistémico:

Este subnivel aparece cuando el docente utiliza las observaciones macroscópicas como fundamento para validar procedimientos o justificar modelos teóricos. Supone un paso metacognitivo desde la experiencia hacia la elaboración de conocimiento químico.

Se refiere a expresiones que, tomando evidencias empíricas observables, validan el procedimiento a partir del cual se construyen los modelos teóricos a partir de la práctica experimental (macroscópico epistémico).

“¿Por qué esta solución de yodo se estará poniendo amarilla? [...] El oxígeno, yo les dije que está oxidando el yoduro a yodo. Pero como hay poquito, entonces la reacción es lenta. La oxidación es lenta y se le forma poco triyoduro. [...] Entonces, este color amarillito que yo veo... si yo lo dejase mucho más tiempo abierto al oxígeno del aire, iría tomando un color pardo más intenso.”

Este fragmento muestra cómo el docente propone una hipótesis explicativa basada en el fenómeno observado, vinculándolo con conceptos de cinética y estequiometría. La observación se transforma en evidencia que sostiene la explicación, mostrando una concepción del conocimiento químico como construcción validada empíricamente.

b. Nivel submicroscópico

El nivel submicroscópico aparece cuando el docente alude a la estructura interna de las sustancias químicas, sus electrones, enlaces o configuraciones moleculares. Estos elementos no son observables directamente, pero permiten explicar los comportamientos empíricos.

“Recuerden que el dióxido y el nitrógeno, al igual que el monóxido, tienen el número de electrones impares. Entonces nunca voy a completar el octeto.”

Este ejemplo muestra cómo el docente introduce una restricción estructural para justificar la inestabilidad de ciertas moléculas, conectando lo que no se ve con lo que se infiere desde la teoría.

c. Nivel simbólico

A lo largo de la clase, el profesor desplegó una variedad de recursos pertenecientes al nivel simbólico propio del lenguaje científico: fórmulas y ecuaciones tanto químicas como matemáticas, gráficos y esquemas para representar algunos aspectos de la práctica experimental, tablas para el manejo de datos empíricos. Estos elementos operan como representaciones del modelo y permiten formalizar el discurso.

“Bien, ahí [señala a la pantalla] tengo la estructura del ácido fosforoso, recuerden que tiene un solo hidrógeno ácido”

En este caso, la estructura molecular proyectada (figura 27) se convierte en un recurso para hablar sobre la reactividad del compuesto. La representación no aparece aislada, sino integrada a la explicación conceptual.

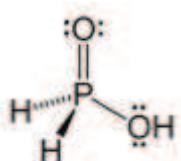


Figura 27. Representación del ácido hipofosforoso proyectada sobre el pizarrón.

En síntesis, el AD docente a partir de los niveles representacionales de Johnstone permitió dar cuenta de una práctica de enseñanza que articula lo empírico, lo conceptual y lo simbólico en el marco de la clase experimental. La riqueza del plano macroscópico

y su desagregado en tres subniveles (praxis, semántico y epistémico) mostró cómo el docente no solo guía la observación o describe fenómenos, sino que también los interpreta y los transforma en evidencia para la construcción de conocimiento químico.

Asimismo, la articulación con los niveles submicroscópico y simbólico se sostuvo de manera coherente, permitiendo a los estudiantes transitar entre el mundo observable, las estructuras moleculares y el lenguaje formal de la disciplina. Este enfoque se presentó como una forma de enseñanza que busca superar la fragmentación tradicional entre teoría y práctica, y que reconoce el laboratorio no solo como un espacio para la acción, sino también para la comprensión.

En lo que sigue, se analizan los modos de evaluación presentes durante la clase, entendidos como aquellos momentos en los que el docente solicita, valida o retroalimenta producciones, respuestas u observaciones por parte de los estudiantes. Este eje permite observar cómo se materializan las expectativas del docente, qué tipo de saberes son priorizados en las intervenciones evaluativas y qué lugar ocupan en la dinámica de la clase.

5. Modos de evaluación del profesor

A lo largo de sus explicaciones, los docentes suelen recurrir a diferentes modos de evaluación con el fin de reconocer el nivel de comprensión de sus estudiantes, así como detectar las dificultades que vayan surgiendo. Estas evaluaciones pueden adoptar la forma de preguntas retóricas o pseudoevaluativas, que no buscan una respuesta genuina sino confirmar un hilo discursivo, o bien presentarse como preguntas evaluativas específicas, destinadas a indagar diferentes niveles de procesamiento cognitivo, para realizar una evaluación propiamente dicha.

En la tabla 43 se presentan ejemplos de las preguntas de gestión de la clase, pseudoevaluativas y evaluativas que fueron utilizadas durante las clases de D1.

Tabla 43. Ejemplos de preguntas realizadas por el docente durante las clases del
Grupo 15: Nitrógeno según su función evaluativa y nivel cognitivo

Preguntas de gestión de clase	<i>“¿Podemos seguir?”</i>
Preguntas retóricas (organización de la explicación)	<i>“¿Bien, la experiencia que me decía?”</i>
Preguntas pseudoevaluativas	<i>“¿Alguna duda de lo que tienen que hacer?”</i> <i>“¿Alguna pregunta de esto?”</i>
Preguntas evaluativas	<i>“¿Cómo justificarían ustedes la aparición de un color pardo en ese tubo, que está dando gas incoloro?”</i>

Durante las clases analizadas, se identificaron múltiples episodios de pseudoevaluación, en los que el docente apeló a enunciados del tipo “¿Se entiende?”, “¿Está claro?” o preguntas que organizan el discurso sin esperar una respuesta genuina. A menudo, estas preguntas buscan retomar conocimientos previos o reforzar el uso de vocabulario técnico, apelando al recuerdo. Si bien corresponden a niveles bajos de procesamiento, cumplen una función de repaso o activación atencional. Dentro de los episodios analizados, se muestran a continuación algunos ejemplos de ello:

“Acá me dicen, Cuando se oxida y se reduce el mismo ¿Cómo se llamaba eso?”

“¿Qué tipo de reactivo es el permanganato? Reactivo redox, ¿qué tipo de reactivo?”

“El yoduro ¿Cómo se comporta? ¿Cómo oxidante o como reductor?”

Estas preguntas, mayormente cerradas, fueron seguidas por la repetición o reformulación de las respuestas estudiantiles, las cuales fueron validadas o corregidas según corresponda, mostrando un seguimiento activo por parte del docente.

Más allá de las intervenciones de bajo nivel cognitivo mencionadas, el docente también formuló preguntas de mayor nivel cognitivo, que apuntan a estimular el pensamiento metacognitivo o a promover inferencias conceptuales más complejas. Un ejemplo claro es:

“¿Cómo sé que va a ser monóxido?”

Este tipo de preguntas remite a un nivel de evaluación epistemológica, ya que obliga a las y los estudiantes a justificar una conclusión basándose en el razonamiento químico y no solo en el recuerdo de datos.

A continuación, se presenta en la tabla 44 que organiza los tipos de preguntas detectadas durante la clase según los niveles de comprensión propuestos por Perkins, desde los más básicos hasta los más complejos.

Tabla 44. Ejemplos de preguntas realizadas por el docente según los niveles de comprensión de Perkins durante las clases del Grupo 15: Nitrógeno

Preguntas según los niveles de comprensión de Perkins	Ejemplo
De contenido	<i>“¿Cuántos hidrógenos ácidos tenía?”</i>
Hace referencia al conocimiento y práctica relativos a los datos y a los procedimientos de rutina, se manifiesta en actividades reproductivas como la repetición, la paráfrasis, y la ejecución de procedimientos habituales	<i>“Cuándo se oxida y se reduce el mismo ¿Cómo se llamaba eso?”</i> <i>“¿Qué número de oxidación tiene el nitrógeno ahí?”</i>
De resolución de problemas	<i>“¿Qué pasaría si en vez de usar ácido sulfúrico agregáramos ácido clorhídrico?”</i>
Alude al conocimiento y práctica referentes a la solución de los problemas típicos de la asignatura, basados principalmente en la aplicación de algoritmos.	<i>“¿Qué cambios macroscópicos vieron? ¿Qué pasó con el cobre, ese hilito rojo?”</i>
Epistémico	<i>“¿Cómo sé que va a ser monóxido?”</i>
Refiere al conocimiento y práctica vinculados a la justificación y a la explicación en la asignatura desde un punto de vista epistemológico.	<i>“¿Por qué razón no lo puedo tener puro? ¿Porque está reaccionando con el aire, con el agua?”</i> <i>“¿Cómo justificarían ustedes la aparición de un color pardo en ese tubo, que está dando gas incoloro?”</i>
De investigación	<i>“¿Qué creen ustedes que puede pasar si al nitrito le agrego ácido?”</i>
Apunta al conocimiento y práctica referentes al modo cómo se proponen hipótesis, se discuten los resultados y en definitiva se construyen nuevos conocimientos en la materia.	<i>“¿Qué puede estar ocurriendo en ese tubo?”</i> <i>“¿Cómo podríamos comprobar la presencia de este hidrógeno sulfato?”</i>

Estas intervenciones evidencian que la evaluación promovida por el docente no se limitó a la verificación del seguimiento del estudiantado mediante las preguntas de respuesta breve o preguntas de seguimiento en general, sino que, en determinados momentos, promovió la reflexión, la explicitación del razonamiento y la toma de decisiones fundamentadas por parte de las y los estudiantes. En conjunto, las preguntas analizadas permiten visualizar cómo se construyen y negocian sentidos en el laboratorio, y de qué modo se tensionan diferentes niveles de comprensión durante el desarrollo de la clase práctica experimental.

A continuación, se presenta el tercer y último apartado de este estudio, centrado en la elaboración de la ReCo correspondiente al docente D1, a partir del análisis discursivo de un nuevo episodio registrado en clase.

3: Análisis del discurso del profesor y la construcción de la ReCo

Este apartado constituye el tercer y último momento del Estudio III-A y se centra en la documentación del CDC del docente experto D1 a partir de la construcción de una ReCo. Esta herramienta, cuyo abordaje metodológico fue desarrollado en el capítulo anterior, permite organizar y explicitar el CDCa del docente, mediante el análisis de su práctica real durante una clase experimental.

Para ello, se seleccionó un nuevo episodio de clase, distinto al analizado en el apartado *¿De qué color son las cosas?*, en el que el docente realiza una demostración experimental con cierto nivel de riesgo. Este fragmento fue elegido por su riqueza explicativa y por la densidad del CDC desplegado, ya que articula aspectos del contenido disciplinar con decisiones pedagógicas situadas. A partir de este episodio, se ejemplifica el procedimiento utilizado para completar cada una de las preguntas del cuestionario ReCo, mostrando cómo las dimensiones y categorías propuestas permiten reconstruir las decisiones didácticas del docente en el contexto del laboratorio.

El fragmento en cuestión corresponde a la enseñanza de una reacción de descomposición del hipofosfito con formación de fosfina, un gas tóxico e inflamable. Durante esta demostración, el docente explicitó los procedimientos, orientó la observación de los fenómenos y planteó diferentes formas de validación del conocimiento químico:

*“Ok, como estaba diciendo, es un sólido, blanco, que apenas empiezo a calentar, lo primero que observo es que se vuelve líquido; no es que se derrite (...) lo que yo veo es que se disuelve en el agua que estaba ahí. Tengo que calentar hasta que se seque, hasta que toda la humedad se vaya. Miren como el agua hierve: hay menos.
¿Qué está pasando?
El hipofosfito se va a descomponer en fosfina y fosfato. La fosfina va a subir por el tubo de ensayo y en la presencia de un gas... [La fosfina] es un gas*

que rápidamente entra en combustión y cuando se quema me da el mismo producto que cuando se quema el fósforo blanco.

(...) está saliendo humo. La fosfina en la punta del tubo de ensayo comienza a oxidarse. Abrí la puerta así hay circulación [de aire] (...)

La fosfina que está siendo producida y, en contacto con el aire, se está quemando (...)

Vamos a escribir y a justificar las reacciones.”

El AD docente evidenció un énfasis en la comprensión de los procedimientos propios de la práctica (Pregunta 1) y en los riesgos que conlleva su ejecución (Pregunta 3): cómo realizar ciertas operaciones (identificar sustancias, observar, medir, entre otros) y cómo leer e interpretar correctamente las indicaciones y técnicas sobre la experiencia. Asimismo, pone en evidencia el rol modelizador del docente en la realización de la práctica.

El profesor exhibió un conocimiento profundo sobre los contenidos de las asignaturas previas (Pregunta 6), por haber sido docente en ellas. Esto parece llevarlo a asumir ciertos contenidos como conocimientos previos de sus estudiantes (Pregunta 5). Sin embargo, también los evocó durante sus explicaciones a partir de la inclusión de preguntas retóricas y preguntas pseudoevaluativas de bajo nivel de procesamiento cognitivo (mayoritariamente nivel de memorización) (Pregunta 8).

En la primera parte del episodio, el profesor condujo a sus estudiantes para que observen los pasos de la experiencia, para luego introducir elementos explicativos, dando cuenta de la relevancia que este docente le confiere a la comprensión de lo que ocurre durante la práctica (Pregunta 2). También se mostró atento a la falta de destrezas manipulativas en sus estudiantes para la realización de reacción en particular (Pregunta 4). Es decir que el profesor modeliza la práctica, conjuga de manera eficaz la realización de la actividad experimental con sus limitaciones y dificultades para llevarla a cabo en el laboratorio, las explicaciones de nivel submicroscópico y continua, en el nivel simbólico, con el planteo de las ecuaciones correspondientes (Pregunta 7).

Como analogía, este proceso podría compararse con una “extracción con solventes”: en el análisis de clase se extraen fragmentos discursivos significativos para revelar aquellas dimensiones profundas del CDC que, aunque no siempre explícitas, estructuran la enseñanza del docente. La información reconstruida a partir de este análisis discursivo,

aplicando las categorías del instrumento metodológico descrito en el capítulo 3.4.3, permite identificar con mayor claridad las concepciones, decisiones y finalidades que orientan la enseñanza del docente en clase.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las clases de la Familia del Nitrógeno, organizados según las ocho preguntas que componen el cuestionario ReCo. Esta organización permite sistematizar los hallazgos y facilitar la reconstrucción del CDCa del docente, tal como se explicita en la tabla 28.

Pregunta 1 ¿Qué intenta D1 que sus estudiantes aprendan sobre los TPL de la Familia del Nitrógeno?

Los docentes en una clase priorizan ciertos contenidos por sobre otros. Las ideas centrales estructuran la clase y para desarrollarlas los profesores utilizan principalmente la palabra, pero también otros recursos semióticos, por ejemplo: esquemas, gráficos o gestos.

Durante las clases analizadas, D1 priorizó la observación de fenómenos macroscópicos en el laboratorio, la que no puede desligarse del conocimiento teórico que permite interpretarlos. Además, incorporó aspectos relacionados a la experimentación al servicio del estudio de la química de la familia del Nitrógeno, la lectura selectiva de los materiales presentados a las y los estudiantes, la justificación teórica de lo observado a través de cálculos con el uso de información contenida en tablas y la introducción de nuevo vocabulario técnico. En particular, hizo hincapié en la importancia de la observación crítica y la interpretación conceptual de los cambios macroscópicos que tienen lugar durante las reacciones químicas, estableciendo que “mirar” no equivale a “ver”: observar implica interpretar desde un marco teórico y tomar decisiones explicativas.

“Cambios macroscópicos entonces: incoloro, precipitado a negro o solución color parda y desprendimiento de un gas”

La observación de los fenómenos químicos en las distintas experiencias realizadas es presentada como un proceso más complejo que el simple mirar. Esta observación en el laboratorio implica un mirar crítico, basado en un conocimiento teórico que acompañe a ese proceso. Las cosas no siempre se van a ver de la manera en la que esperaríamos que se vieran, debo conocer y comprender la teoría para entender qué está pasando. De allí que

sea necesario justificar el hecho que se presenta delante de mí, incluso cuando no se ve lo que se esperaba.

“¿Alguien sabe de qué color es el yoduro?”

Estudiante: Incoloro

D1: Incoloro. Los frasquitos se ven tirando a amarillo, pero ¿por qué se ven amarillos? Vamos a ver y a justificar esto, porque les estoy diciendo que es incoloro, pero no lo estamos viendo incoloro.”

La observación también se vincula a la construcción del concepto de *modelización*. El docente pone en evidencia cómo ciertos fenómenos no deben ser tomados como evidencias directas de un hecho, sino que requieren ser seleccionados, interpretados y, en algunos casos, descartados como interferencias:

“Esta especie o esta conducta la tienen que tener presente. El ácido nitroso desproporciona en monóxido y en nitrato. ¿Cómo sé que va a ser monóxido? Bueno, por lo menos acá me orientan porque me preguntan ‘¿por qué se observan burbujas?’. Entonces, obviamente, las burbujas me están diciendo que hay un gas”

Así, el fenómeno observable (burbujas) habilita hipótesis que deben ser contrastadas con la teoría y la cinética. D1 promueve que la o el estudiante no se detenga en el dato, sino que se posicione como químico, formulando justificaciones y descartes fundamentados. Se observa, en este sentido, un compromiso con la dimensión epistémica del CDC.

Además de fomentar una observación activa y fundamentada, D1 introduce aspectos vinculados a la lectura estratégica de la guía de TP, promoviendo que el estudiantado reconozca qué información es relevante y cómo utilizarla para justificar teóricamente los resultados. En este sentido, se incorpora la enseñanza del uso de tablas con datos termodinámicos y la justificación de reacciones mediante cálculos:

“Fijate en la tabla... ahí tenés el ΔH , ¿es positivo o negativo? ¿Qué te indica eso sobre la reacción?”

Asimismo, se introducen términos técnicos que amplían el vocabulario químico del alumnado, como por ejemplo “*reacción de desproporción*”, y se propone su uso activo en la interpretación de los fenómenos observados.

En síntesis, puede afirmarse que D1 utiliza el contenido de la familia del nitrógeno como un eje para trabajar aspectos epistemológicos y procedimentales más amplios del

trabajo experimental en química: el lugar de la observación, la justificación conceptual a través de cálculos específicos para cada fenómeno, el uso del lenguaje técnico, y la lectura crítica de los recursos escritos.

Este despliegue articula las tres dimensiones de los niveles representacionales de Johnstone (macroscópico, submicroscópico y simbólico), en un movimiento de ida y vuelta entre lo que se ve, lo que se calcula y lo que se teoriza. El CDC de D1 se manifiesta así como una práctica situada que busca formar estudiantes capaces de pensar químicamente desde la experiencia, sin reducirla a mera comprobación.

Pregunta 2: ¿Por qué cree el profesor que es importante que sus estudiantes aprendan sobre este tema?

El análisis de las expresiones del profesor mostró que le otorgaba gran importancia a cuestiones vinculadas a la comprensión de procedimientos acerca de la práctica propiamente dicha. Entre ellos, sobre cómo debían realizarse ciertas acciones, tales como identificar sustancias, observar, medir, así como también a desarrollar criterios propios para tomar decisiones en la práctica, leyendo e interpretar correctamente las indicaciones y técnicas sobre la experiencia.

Los propósitos que se pueden observar a través del discurso del profesor son propedéuticos, tanto a lo interno de la asignatura sino también para otras materias en las que se requiere interpretar evidencia experimental. En los episodios analizados, no se encontraron relaciones explícitas al campo profesional, pero sí al quehacer dentro de un laboratorio, lo que podría entenderse como una promoción de habilidades preprofesionales.

Para marcar la importancia del contenido hacia adelante:

“... a lo largo de la materia, vamos a ver productos que los van a tener que identificar, como uno de los productos que vamos a ver por acá, que son muy característicos y los tienen que tener presentes” (anticipación).

o insistiendo en cuestiones vinculadas al desempeño correcto para el trabajo en la mesada:

“Entonces, como les decía, si yo veo una solución violeta en el... acá en las estanterías, lo más probable es que sea permanganato. Entonces, la estoy identificando con los colores. Ahora ya no lo hacemos, pero había una, antes se tomaba un examen donde una de las preguntas eran colores.”

También se remarca la importancia de reconocer cambios macroscópicos como forma de anticipar la formación de ciertas especies, lo cual constituye un eje central para interpretar lo observado en el laboratorio:

“Acostúmbrense a fijarse en los cambios macroscópicos, son importantes. No sólo porque se los vamos a pedir, sino porque muchas veces en función de los cambios macroscópicos que yo observe puedo predecir qué especie se forma.”

El docente insistió, además, en que las y los estudiantes vinculen los contenidos experimentales con fundamentos teóricos, recuperando lo aprendido en otros espacios curriculares y articulándolo con el análisis de potenciales redox. Por ejemplo:

“Recuerden, en Química General a ustedes se les da reactivo, producto y la reacción [...] Pero acá son ustedes los que tienen que predecir que las reacciones ocurran.”

En síntesis, el análisis permitió afirmar que el docente otorgó gran importancia a las actividades experimentales como vehículos para consolidar competencias procedimentales, articular contenidos con otras ideas relevantes de la química y desarrollar criterios de análisis vinculados a la interpretación de transformaciones químicas. La enseñanza se orientó a promover una actitud crítica y atenta en el laboratorio, con énfasis en la anticipación, la justificación y el reconocimiento de patrones. De este modo, se recuperaron los dos aspectos centrales que indaga esta pregunta del instrumento: el vínculo con otras ideas centrales del campo disciplinar y su proyección hacia futuras instancias curriculares, sin una referencia directa al ejercicio profesional.

Pregunta 3: ¿Qué otra cosa sabe el profesor sobre este tema?

Esta pregunta busca evidenciar momentos en los que el docente revela conocimientos relevantes pero decide no abordarlos completamente en ese momento, posponiéndolos para otra instancia o regulando la profundidad de su explicación en función del desarrollo de la clase o de la secuencia didáctica. Esta regulación puede considerarse una muestra del CDC del docente, ya que da cuenta de su planificación cognitiva y de su conocimiento de las dificultades de aprendizaje.

Una estrategia frecuente consistió en anticipar contenidos que serían abordados más adelante o que no se profundizarían en esa clase específica. Por ejemplo, en un pasaje señaló:

“Esto se ve en Química General, ¿sí? ¿Se acuerdan? ¿Lo vieron alguna vez?”

sugiriendo que, si bien ciertos conocimientos eran relevantes, esperaba que los estudiantes los recordaran o los abordaran en otras instancias. También enunciaba contenidos por fuera de lo previsto para la clase:

“Esto ustedes no lo saben, no es para ahora, pero quiero que lo escuchen”

mostrando así una intención de exponerlos a nociones más complejas sin pretender una comprensión inmediata. Este tipo de intervenciones permitió identificar una regulación intencionada del discurso, en la que el docente dosificaba los conceptos y tomaba decisiones respecto de qué contenidos presentar y cómo hacerlo en función del momento de la clase.

Este modo de presentar los contenidos se correspondió con una concepción más escolar de la enseñanza, centrada en la evocación de conceptos teóricos, la realización de experiencias con un único resultado esperable y la validación de la respuesta correcta. En este contexto, la corrección de errores emergió como un componente importante del discurso docente. Ante un error en la resolución de un cálculo realizado en la pizarra, D1 indicó:

“Tienen que tener la costumbre de fijarse que los resultados sean coherentes (...) fíjense, ahí hay una operación muy sencilla, 0,8 más 1 dividido 2 no me puede dar 0,4. Tienen que chequear. Chequeen los resultados, si son coherentes o no.”

Este tipo de intervención reflejaba su preocupación por desarrollar en las y los estudiantes una actitud crítica frente a los resultados experimentales, aunque sin llegar a explicitar completamente las implicancias epistemológicas de dicha postura.

Asimismo, el docente mostraba conocer las tensiones entre el mundo modélico de la teoría química y la práctica concreta del laboratorio, pero no siempre explicitaba este conflicto en términos conceptuales. En una intervención que retomaba la contradicción entre teoría y observación empírica, señaló:

“Los frasquitos se ven tirando a amarillo, pero ¿por qué se ven amarillos?, lo vamos a ver, justificar, porque yo digo que es incoloro, pero no lo vemos incoloro.”

Esta cita sugiere que D1 buscaba que las y los estudiantes detectaran la diferencia entre lo esperado teóricamente y lo observado en la experiencia, pero sin detenerse aún en la explicación profunda de dicho desfase.

En suma, el AD docente permitió reconocer que este docente experto seleccionaba y jerarquizaba los contenidos en función de su relevancia para el momento de la clase, dosificando la complejidad conceptual e incorporando elementos que si bien no esperaba que fueran comprendidos completamente, consideraba importante que las y los estudiantes los fueran incorporando progresivamente. Este tipo de decisiones (tanto en la selección de contenidos como en la regulación de su profundidad) constituyó una manifestación clara de su CDC, en tanto demostró su capacidad para adaptar su intervención a las necesidades del grupo y al momento formativo en que se encontraban sus estudiantes.

Pregunta 4: ¿Qué dificultades se relacionan con la enseñanza del tema?

Uno de los obstáculos señalados de forma implícita por el docente D1 fue la reorganización de los TP en el plan de la asignatura, lo cual afectó la forma en que los contenidos podían ser desarrollados en clase. En particular, lamentó la ausencia de las preguntas en los exámenes centradas en los cambios de color observados en las clases de laboratorio, que según él permitía explorar aspectos relevantes del comportamiento de las especies involucradas:

“Ahora ya no lo hacemos, pero había un caso probable en donde una de las preguntas era sobre colores. Cualquier cosa que ustedes hayan visto en el laboratorio.”

Este comentario permite inferir que, para el docente, evaluar sobre la base de experiencias de laboratorio no solo resultaba pertinente sino también formativo, y que su omisión constituía una pérdida en términos de aprendizaje.

El docente también manifiesta su preocupación por el escaso tiempo para desarrollar ciertas reacciones de manera significativa:

“Repito, muchas reacciones dependen de la cantidad de reactivos que les dé”

Esta frase, situada en un momento explicativo sobre el equilibrio redox, da cuenta de la necesidad de considerar no solo los contenidos conceptuales, sino también las condiciones materiales y temporales que permiten observar y comprender adecuadamente los fenómenos químicos.

En la clase, aparece otra dificultad ligada a la enseñanza: cómo hacer para que las y los estudiantes reconozcan patrones de comportamiento químico, especialmente en el caso de especies que pueden actuar tanto como oxidantes como reductores. El docente advierte sobre este tipo de problemas:

“Podría enfrentar al ácido nitroso con otra especie que esté en el medio del diagrama y entonces ahí me quedaría la duda. [...] Pero no es el ejercicio”

Aquí se refleja una tensión entre la complejidad del contenido y la necesidad de simplificar para las y los estudiantes, acotando la cantidad de variables en juego durante la resolución de una actividad.

En síntesis, el docente señala como dificultades centrales: la reducción de actividades prácticas por decisiones curriculares que él percibe como empobrecimiento del aprendizaje, la falta de tiempo suficiente para desarrollar en profundidad las reacciones complejas, y la tensión entre la riqueza del contenido y las estrategias pedagógicas necesarias para su abordaje en un contexto acotado.

Pregunta 5: ¿Qué cosas sabe el profesor sobre sus estudiantes que influyen en su enseñanza de este tema?

Durante las clases presenciales analizadas, se evidenció que el docente D1 presupone una serie de saberes previos por parte de sus estudiantes, en particular vinculados a contenidos teóricos abordados en asignaturas anteriores o en la bibliografía de consulta. Esta presuposición aparece enunciada explícitamente en frases como:

*“Ustedes saben muy bien que este compuesto es un compuesto gaseoso” o
“Supongo que habrán llegado a ver esto”*

Este tipo de enunciados revela una concepción del aprendizaje fuertemente centrada en la acumulación de contenidos, en la que el docente parte de la base de que ciertos conocimientos ya deberían estar consolidados, sin una verificación sistemática de su apropiación efectiva por parte del estudiantado.

Por otro lado, también se identificaron intervenciones que, si bien no remiten directamente a errores conceptuales, operan como anticipaciones del desconocimiento. Ejemplo de ello es:

“Lo más probable es que ustedes tengan para uno hoy”,

en referencia a la posibilidad de contar con reactivos durante el TPL. Estas frases, cargadas de ambigüedad, dejan entrever una mirada sobre los estudiantes que oscila entre la suposición de saberes consolidados y la sospecha de carencias frecuentes, sin mediar instancias concretas de indagación diagnóstica.

En cuanto al modo en que el docente orienta el aprendizaje de sus estudiantes, se observaron también fragmentos en los que sugiere estrategias para abordar preguntas de evaluación. Por ejemplo, ante la pregunta sobre la conducta de una sustancia en el laboratorio, el docente aclara:

“Si a ustedes en un examen les dice ‘cuál es la conducta...’ tienen que decir: puede actuar como oxidante o como reductor. [...] Y si tienen que justificar, eligen un oxidante para ver como reductor y un reductor para ver como oxidante”.

Este tipo de intervenciones se inscribe en una lógica de entrenamiento para el examen, más orientada a preparar respuestas esperables que a explorar en profundidad los razonamientos del estudiantado.

En resumen, la concepción del docente sobre sus estudiantes se apoya principalmente en la creencia de que existen conocimientos previos adquiridos en otros espacios curriculares y en la necesidad de prepararlos para responder de manera adecuada en las instancias evaluativas. Si bien no se observaron instancias sistemáticas de indagación previa al inicio de las actividades, el docente recurrió a preguntas evocativas durante el desarrollo de la clase, que permitieron recuperar conocimientos adquiridos previamente en la cursada. Por ejemplo:

“¿Qué características presenta el ácido nitroso?” y “¿Cómo se llama cuando una especie se oxida y reduce a la vez?”

Estas intervenciones sugieren un conocimiento implícito del docente sobre lo enseñado anteriormente, más que una estrategia explícita de diagnóstico. En este sentido, suposiciones sobre lo que los estudiantes “*ya deberían saber*” conviven con momentos de reactivación del saber, aunque no siempre con fines de adaptación didáctica inmediata. Esta orientación, centrada en la transmisión y el entrenamiento, parece estar

alineada con una concepción tradicional del proceso de enseñanza y aprendizaje, en la que el protagonismo recae principalmente sobre el docente y la linealidad del contenido disciplinar.

Pregunta 6: ¿Qué otros factores están influyendo en la enseñanza de este tema?

Durante las clases analizadas, se evidenciaron distintos factores que incidieron en la enseñanza del contenido sobre la familia del nitrógeno, tanto desde el plano institucional como desde la concepción didáctica del docente.

En primer lugar, D1 dio señales de contar con una mirada curricular de la asignatura, articulando contenidos con momentos anteriores y posteriores del programa. Esto se expresó en frases del tipo:

“...a lo largo de la materia vamos a ver productos que los van a tener que identificar (...) son muy característicos y los tienen que tener presentes.”

Estas referencias muestran que el docente gestionó los contenidos situándolos dentro de una estructura secuenciada de enseñanza, con sentido de progresión y de propedéutica interna. Si bien no hubo una planificación explícita enunciada durante la clase, se percibió una organización global coherente, en la que los temas eran retomados como parte de un trayecto mayor.

En segundo lugar, D1 aludió a prácticas pasadas de la cátedra, lo que permite suponer que posee un conocimiento situado de la historia reciente de la materia. Por ejemplo, al recordar un examen anterior, expresó:

“Ahora ya no lo hacemos, pero había una, antes se tomaba un examen donde una de las preguntas eran colores.”

Este tipo de comentario, aunque breve, da cuenta de la transformación de criterios evaluativos en la materia y sugiere una continuidad en el rol docente que permite reconstruir cambios en las prácticas institucionales.

Por otra parte, el análisis discursivo muestra que el docente sostuvo una concepción de enseñanza tradicional, centrada en la transmisión de contenidos por parte del profesor y con escasa problematización del conocimiento. La ciencia fue presentada como un conjunto de hechos objetivos, sin referencias a su dimensión histórica, ni a la construcción social del conocimiento químico. No se identificaron menciones a científicos, controversias o vínculos con la vida cotidiana de las y los estudiantes.

Finalmente, desde el punto de vista didáctico, D1 organizó la clase con una macroestructura global coherente, articulando exposición, observación de fenómenos y formulación de preguntas, en torno a un eje conceptual claro. Esta estructuración permitió sostener un hilo argumental ordenado, aunque sin apertura a la participación activa o a la construcción colectiva del saber.

En síntesis, la enseñanza del tema estuvo influida por decisiones curriculares, por una trayectoria docente vinculada a la historia reciente de la materia, y por una concepción epistemológica que entiende la ciencia como objetiva y neutral. Estos factores confluyeron en una propuesta pedagógica estructurada, centrada en el docente, que privilegió la exposición ordenada por sobre la problematización del contenido o la conexión con contextos más amplios.

Pregunta 7: ¿Qué procedimientos/estrategias utiliza el profesor al enseñar este tema?

Las clases observadas se estructuraron como una *exposición dialogada*, en la que el profesor mantuvo el control de la palabra e intercaló preguntas a las y los estudiantes, en su mayoría destinadas a recuperar conocimientos previos, confirmar conceptualizaciones o activar inferencias que acompañaran el desarrollo del contenido. La guía práctica proyectada en el aula sirvió como eje estructurante, que el docente fue completando con explicaciones propias, esquemas en el pizarrón, fórmulas químicas y resolución de dudas a medida que avanzaba.

Se emplearon diferentes *estrategias didácticas*, entre las cuales se destacaron:

- Lectura en voz alta del material escrito, alternada con intervenciones explicativas.
- Construcción colectiva de respuestas a partir de preguntas del tipo “¿Se acuerdan?”, “¿Qué geometría tiene esta molécula?”, “¿Qué tipo de sustancia es?”, “¿Qué observan en la reacción?”.
- Apelación a la experiencia previa: el docente retomó contenidos de asignaturas anteriores (como Química General) o experiencias ya realizadas en el laboratorio.
- Ejemplificaciones a partir de las evidencias empíricas macroscópicas y referencias a las condiciones experimentales de laboratorio.
- Anticipación de evaluaciones: se mencionaron posibles preguntas de examen o reacciones típicas de evaluación (“Si a ustedes en un examen les dice...”).

- Uso de elementos visuales y gestuales para marcar diferencias entre tubos, sustancias y cambios observables, así como explicaciones a partir del uso de estructuras de Lewis y geometrías moleculares.

En cuanto a la formulación de preguntas, se reconocieron distintos niveles de procesamiento cognitivo. Por ejemplo, preguntas simples como:

DI: “¿Alguien sabe de qué color es el yoduro?”

Alumno: “Transparente”

DI: “Incoloro.”

convivieron con otras que apelaban a la argumentación teórica o a la interpretación de datos experimentales:

“¿Qué observan en el tubo? ¿Qué cambios macroscópicos se producen? ¿A qué se debe ese cambio de color?”

“¿Qué conducta ácido-base tiene el amoníaco? ¿Cómo lo determinamos a través de los cálculos?”

Sin embargo, no se identificaron referencias explícitas al ejercicio profesional, ni ejemplos anclados en la vida cotidiana de los estudiantes. Las estrategias estuvieron orientadas principalmente al aprendizaje disciplinar y a la comprensión de fenómenos químicos complejos, sin desplegarse recursos que conectaran con contextos extracientíficos.

En resumen, el profesor utilizó una variedad de estrategias centradas en el contenido, con predominio de la explicación expositiva complementada con el diálogo. Las intervenciones buscaron guiar el razonamiento de los estudiantes, reforzar los vínculos conceptuales y facilitar la interpretación de las observaciones en el laboratorio, aunque con escasa presencia de referencias al campo profesional o a contextos cotidianos que pudieran servir como punto de apoyo para la construcción de nuevos aprendizajes.

Pregunta 8: ¿Cómo evalúa la comprensión de sus alumnos mientras enseña este tema?

El AD de D1 recurrió a una diversidad de preguntas que le permitieron monitorear, de forma general, el estado de comprensión de sus estudiantes. Estas preguntas incluyeron desde enunciados de gestión de clase hasta formulaciones evaluativas que, en algunos casos, promovieron niveles más complejos de procesamiento. Tal como se desarrolló en el apartado anterior, estas intervenciones pueden organizarse en distintos niveles de

comprensión según el marco de Perkins, y adoptaron funciones evaluativas explícitas o implícitas.

Entre las preguntas de contenido, se destacaron aquellas orientadas a confirmar conocimientos técnicos o terminología específica:

“¿Qué número de oxidación tiene el nitrógeno ahí?”

“¿Qué tipo de reactivo es el permanganato?”

Este tipo de enunciados, frecuentes en la clase, buscaron recuperar información esperada sin abrir espacio para la exploración de ideas alternativas ni para la problematización conceptual.

Sin embargo, también se identificaron momentos en los que el docente propuso interrogantes de mayor profundidad, que obligaban a los estudiantes a justificar una inferencia o a razonar desde un marco químico más complejo. Ejemplo de ello es:

Y luego añadió:

“¿Cómo justificarían ustedes la aparición de un color pardo en ese tubo, que está dando gas incoloro?”

Este tipo de formulaciones habilitó una evaluación en clave epistémica, centrada en la explicación de fenómenos y en la construcción de argumentos más allá de la reproducción de datos.

Asimismo, en algunos tramos se incluyeron preguntas abiertas del tipo:

“¿Qué creen ustedes que puede pasar si al nitrito le agrego ácido?”

“¿Cómo podríamos comprobar la presencia de este hidrógeno sulfato?”

Estos momentos revelan que, si bien la evaluación no fue utilizada como una estrategia formativa sistemática, sí hubo instancias en las que se buscó activar ideas previas, fomentar el razonamiento y problematizar lo observado. Sin embargo, estas acciones no se prolongaron en devoluciones individuales ni se articularon con decisiones pedagógicas que permitieran ajustar la enseñanza o retroalimentar a los estudiantes durante la clase.

Aun así, debe señalarse que el foco principal de la evaluación se mantuvo centrado en el desempeño final, como se advierte en la referencia al examen:

“Recuerden que (...) después viene el parcial. Así que intenten llevar al día la práctica e ir leyendo algo de teoría”

En esta línea, no se identificaron estrategias orientadas a valorar las ideas previas del estudiantado ni formas sistemáticas de retroalimentación durante la clase. Las preguntas

funcionaron, en la mayoría de los casos, como herramientas para guiar el desarrollo del contenido o como señales de atención, sin constituirse como instrumentos de evaluación formativa sostenida.

En síntesis, el análisis de las clases muestra que el docente apeló a un repertorio variado de preguntas que incluyó desde intervenciones de gestión hasta formulaciones epistémicas o de tipo investigativo. Sin embargo, la evaluación durante la clase no se configuró como un proceso sistemático ni como una instancia de diálogo sobre el aprendizaje, sino más bien como una herramienta puntual para organizar la exposición o preparar al estudiantado para instancias formales de acreditación.

Hasta aquí se han presentado los resultados y discusión que surgieron del Estudio III-A, documentando con profundidad el CDC del docente D1 en contexto presencial. En el siguiente apartado se presentan las conclusiones parciales alcanzadas en este estudio.

4.4.3 Conclusiones parciales del estudio III-A

La estrategia metodológica desarrollada en el Estudio III-A permitió documentar en profundidad el CDCa de un docente universitario experto en clases experimentales de QI. A partir de una articulación cuidadosa entre el AD, la aplicación del instrumento ReCo modificado y la triangulación entre fuentes e investigadores, se logró una caracterización densa, situada y rigurosa del CDC en contexto real de enseñanza.

El uso combinado de herramientas de AC y de categorías previamente validadas por el equipo de investigación permitió sistematizar los saberes puestos en juego por el docente durante sus clases. En particular, la recuperación de los niveles representacionales de Johnstone y la aplicación de la guía adaptada por Sánchez *et al.* (2021) contribuyeron a identificar con precisión las estrategias discursivas, procedimentales y epistémicas del docente.

Este enfoque metodológico resultó especialmente eficaz para reconstruir dimensiones del CDC que no podrían haberse detectado a partir de un único instrumento. Permitted no solo describir lo que el docente hace, sino comprender cómo piensa la enseñanza de la química en el laboratorio, con qué fundamentos y qué decisiones didácticas articula frente a sus estudiantes.

El AD, una vez más, se mostró de gran utilidad para indagar el CDCa de un docente universitario. Entre las características más sobresalientes de las explicaciones analizadas, se destacó la insistencia del profesor en la realización correcta de los procedimientos experimentales, la observación rigurosa de los fenómenos químicos y su interpretación a partir de los modelos teóricos. En los ejemplos y aclaraciones que emplea, se evidencia su profundo conocimiento tanto del mundo práctico del laboratorio como del mundo modélico y abstracto de la teoría química. Para desempeñarse como docente en este espacio, resulta imprescindible articular un conjunto complejo de saberes que integren lo disciplinar, lo procedimental y lo didáctico.

Estos resultados interpelan de manera directa la formación de docentes de química: ¿alcanza con la experiencia de laboratorio para enseñar experimentalmente? El análisis de clases de profesores expertos, como en este caso, puede resultar inspirador en contextos formativos, tanto por lo que muestra como por lo que pone en cuestión.

En este sentido, vale recuperar algunos hallazgos de investigaciones previas. Aunque se trate de espacios diferentes de enseñanza (uno teórico y otro de laboratorio), los profesores tienden a utilizar el discurso expositivo como principal herramienta para comunicar los contenidos, reteniendo la palabra la mayor parte del tiempo. En ambos casos, se mantienen en el nivel macroscópico de Johnstone, con distintas intensidades: en el aula teórica con foco en el nivel semántico o epistémico, y en el laboratorio con énfasis en la praxis, pero sin desentenderse del uso del lenguaje simbólico y submicroscópico. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la enseñanza universitaria de las ciencias no distingue fronteras nítidas entre espacios, y que muchas de sus formas están sostenidas en tradiciones personales y generacionales, más que en principios didácticos explícitos.

En consecuencia, se vuelve urgente abrir espacios sistemáticos de formación pedagógica en el ámbito universitario, que permitan a los docentes reflexionar sobre sus propias prácticas, reconocer sus fortalezas, e incorporar herramientas de análisis didáctico para mejorar su enseñanza.

Finalmente, la irrupción de la pandemia de COVID-19 desafió profundamente las formas habituales de enseñar química experimental, forzando una rápida adaptación de las clases presenciales al formato remoto. Este nuevo escenario constituye el punto de partida del Estudio III-B, en el que se analiza la continuidad y transformación del CDC del mismo docente durante la enseñanza remota de emergencia.

4.4.4 Resultados del Estudio III-B. Enseñanza experimental durante la pandemia. Un estudio de caso de un docente experto

En este apartado se presentan los resultados del análisis del CDCa del mismo docente (D1), ahora en el contexto de la enseñanza remota de emergencia implementada durante la pandemia de COVID-19. A diferencia del Estudio III-A, el interés principal radica en documentar las adaptaciones y continuidades en su práctica frente al nuevo formato virtual, evitando repetir el análisis exhaustivo ya realizado para la presencialidad.

El docente recurrió mayoritariamente a una clase de tipo expositiva, reteniendo el uso de la palabra la mayor parte del tiempo, apelando al uso de la simulación dialógica como estrategia para el avance de la clase, mientras que las y los otros docentes se limitaron a hacer algún aporte. En general, la estrategia de enseñanza consistió en la presentación inicial de los ejercicios propuestos en el material de cátedra para proceder luego a su resolución a cargo del docente. Durante el encuentro se recuperaron contenidos ya presentados a los estudiantes previamente mediante un video correspondiente a los contenidos y se presentaron situaciones prácticas que habían sido filmadas con anterioridad.

Contenidos y organización de la enseñanza

Durante la clase se abordaron los contenidos correspondientes a la temática de hidrógeno y oxígeno, integrando tanto los aspectos descriptivos de la QI como contenidos de equilibrio químico y reacciones de óxido-reducción. Se trató de una clase con fuerte carga conceptual, pero orientada a la resolución de problemas prácticos, vinculados a experiencias de laboratorio que, en un año habitual, los estudiantes habrían realizado presencialmente.

Desde el inicio, el docente situó la actividad en el marco de las clases prácticas obligatorias, dando continuidad a lo abordado en la clase de teoría y anticipando la necesidad de justificar las reacciones químicas planteadas:

“Vamos a empezar, entonces, con el primer ejercicio, que era la obtención de hidrógeno, que teóricamente era la experiencia que ustedes tenían que hacer en el laboratorio”

La clase se estructuró a partir de una secuencia de actividades experimentales presentadas en formato de video, que fueron acompañadas por las explicaciones del

docente en tiempo real. En cada una de ellas, el docente recuperó elementos del trabajo en el laboratorio, describiendo con detalle los materiales y procedimientos empleados, y organizó el desarrollo de la clase en torno a los cálculos necesarios para justificar los fenómenos observables: planteo de ecuaciones, determinación de potenciales de electrodo, cálculos de ΔH y valores de constantes de equilibrio.

Las explicaciones se encadenaron mediante una lógica secuencial, y en algunos casos circular, al retomar experiencias previas como punto de partida para fundamentar los ejercicios propuestos. El docente combinó momentos de exposición con pausas que habilitaban intervenciones de las y los estudiantes, aunque su participación fue escasa. Se mantuvo una continuidad entre las actividades experimentales y los problemas de resolución, lo que permitió sostener el eje de trabajo en la enseñanza de la química a partir de situaciones prácticas, aun en un entorno de virtualidad forzada.

Recursos utilizados

Durante la clase, el profesor mostró algunas actividades prácticas presentadas a través de videos de corta duración elaborados por el equipo docente. Éstos consistían en el registro fílmico (solo imagen) de experiencias de laboratorio pensado para ser complementado con la explicación del docente. En la figura 28 se presenta una captura de pantalla durante la explicación de la obtención de hidrógeno en el laboratorio; en la misma se puede apreciar, abajo a la izquierda, el video en pausa, y en el resto de la pantalla, los distintos recursos que iba presentando durante su explicación.

Actividad 4:
Obtención de hidrógeno en el laboratorio
TÉCNICA OPERATORIA

Las reacciones que ocurren son las siguientes:

1- En el frasco que contiene la granalla de Zn, al agregar HCl se genera $H_{2(g)}$

$$Zn_{(s)} + 2 Cl^- + 2 H^+ \rightarrow H_{2(g)} + ZnCl_{2(d)} \quad E^\circ = 0,73$$

(Actividad 3)

Prueba: $H_{2(g)} + O_2(g) \rightleftharpoons H_2O + \text{Calor}$

2- En el tubo de ensayo con tubuladura lateral que contiene $PbSO_{4(s)}$ (Blanco) al reaccionar con el $H_{2(g)}$ y por calentamiento da el $Pb_{(s)}$ (Negro):

$$PbSO_{4(s)} + 4 H_{2(g)} \rightleftharpoons Pb_{(s)} + 4 H_2O_{(g)} \quad \Delta H_T = ?$$

$\Delta H^\circ Pb_{(s)} = -94,31 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H^\circ H_2O_{(g)} = -238,91 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H^\circ H_{2(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H^\circ PbSO_{4(s)} = -918,39 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H^\circ T = \sum \Delta H^\circ \text{ productos} - \sum \Delta H^\circ \text{ Reactivos}$
 $\Delta H^\circ T = [(-94,31 \text{ kJ/mol}) + (4 \cdot -238,91 \text{ kJ/mol})] - [(-918,39 \text{ kJ/mol})]$
 $\Delta H^\circ T = -131,56 \text{ kJ/mol}$

Diagrama de laboratorio: Se muestra un sistema de generación de hidrógeno. Un frasco de ácido clorhídrico (250 ml) se conecta a un tubo de ensayo con tubuladura lateral que contiene zinc metálico. El tubo de ensayo está conectado a un tubo de escape lateral que contiene sulfato de plomo (II).

Video en pausa: Se muestra un tubo de ensayo con tubuladura lateral que contiene $PbSO_{4(s)}$ (Blanco) al reaccionar con el $H_{2(g)}$ y por calentamiento da el $Pb_{(s)}$ (Negro).

Figura 28. Captura de pantalla del video de la clase durante la pandemia

Durante su exposición, el docente utilizó la pausa del video para describir lo que sucedía en cada momento, completando la escena con información sobre los materiales de laboratorio, los reactivos utilizados, los productos formados y los cambios observables. En este proceso, el docente no sólo narraba lo que ocurría, sino que organizaba la explicación de modo que se articularan diferentes formas de representación: visual, simbólica, oral, escrita. Por ejemplo:

“Entonces, el esquema que figura en la guía creo que es ese que está acá arriba, el cual tiene una ligera modificación. Yo quisiera creer que todos miraron los dos videos que estaban subidos: la obtención de hidrógeno y la obtención de oxígeno. Y si no, no importa. Los vamos a ir viendo acá. Vamos a prestar atención a lo que va ocurriendo”

Esta forma de trabajo permitió sostener cierta dimensión empírica de la química en la virtualidad, reemplazando la experiencia directa con una estrategia de observación guiada y orientada por el docente. A lo largo de la clase, se combinaron otros recursos digitales: el docente compartía pantalla para mostrar la guía de TP, las tablas del compendio, las ecuaciones y los datos termodinámicos, y escribía en vivo algunas reacciones o cálculos necesarios para resolver los ejercicios.

A su vez, se integraron recursos discursivos específicos del lenguaje docente: ejemplos cotidianos (*“parece que vamos a hacer un asado”*, para describir el color del magnesio al rojo), aclaraciones sobre errores frecuentes (*“disolver no es lo mismo que disociar”*), anticipaciones sobre el desarrollo posterior, preguntas retóricas o de opción binaria para fomentar la participación, y cierres parciales al finalizar cada actividad.

El docente también ofreció un uso intensivo del compendio de datos, tanto en su dimensión conceptual como instrumental. En varias oportunidades hizo referencia explícita al manejo autónomo que las y los estudiantes debían alcanzar, brindando sugerencias de búsqueda, criterios para interpretar las tablas y procedimientos para justificar reacciones a partir de datos:

“Con el apéndice de datos uno tiene que aprender a jugar en el ida y vuelta. Para trabajar en redox, primero verifico que la especie sea o no soluble”

Además, introdujo distintas herramientas conceptuales para la resolución de ejercicios: la ecuación de Nernst, las tablas de potenciales estándar, las constantes de equilibrio y los valores de ΔH estándar. En esta clase particular, la combinación de recursos orales,

visuales, simbólicos y textuales conformó un entramado complejo, que reemplazó de manera parcial la experiencia de laboratorio mediante la mediación tecnológica y el lenguaje.

El discurso docente como herramienta central

En ausencia del laboratorio como espacio físico, el discurso docente se volvió la herramienta principal para organizar y sostener la clase. Lejos de limitarse a la descripción o a la transmisión de datos, el profesor estructuró su exposición como una forma de modelización de la práctica química. En varias ocasiones, se dirigió a los estudiantes en primera persona del singular (yo “hago”, yo “busco”, yo “sumo y obtengo”), asumiendo el rol de guía que resuelve, justifica, evalúa y propone.

Esta modelización incluyó tanto el desarrollo de los contenidos conceptuales como la explicitación del procedimiento necesario para resolver los problemas. Por ejemplo, al plantear el cálculo de una constante de equilibrio a partir de valores tabulados, el docente explicó:

“Entonces, como hemos hecho en Química General, cuando yo sumaba reacciones, [...] necesito que del lado de los reactivos me aparezcan estas especies y del lado de los productos estas. [...] Entonces, sumando esos dos equilibrios y ese potencial llego a la ecuación que a mí me interesa”

El modo en que el docente utilizó su discurso fue representativo de su CDC. Hizo explícitas distinciones relevantes (entre disolver y disociar, entre solubilidad y disociación completa), ofreció criterios para tomar decisiones químicas y articuló operaciones mentales que un químico experto realizaría de manera automatizada, pero que aquí se hacen visibles con valor formativo:

“Porque recuerden que ustedes tenían que, para escribir la ecuación iónica, buscar cada una de las especies en el apéndice de datos. Si estaban en el apéndice de datos no la podía disociar”

Esta forma de razonamiento químico fue puesta en escena a través del lenguaje, y operó como andamiaje para las y los estudiantes, quienes debían seguir el razonamiento del docente y transferirlo a nuevos problemas. En este punto, el lenguaje docente cumplió no solo una función explicativa, sino también epistémica: habilitó formas de pensar y actuar sobre el contenido.

Por otra parte, la estrategia discursiva incluyó momentos de humor, observaciones sobre la práctica profesional (“*eso en Química General era más fácil, acá tienen que justificar*”) y referencias al contexto (“*el video no va a durar 10 minutos mostrando un mechero que calienta una sustancia...*”, “*esto se hacía antes con sangre*”). Estas intervenciones funcionaron como marcos de sentido que ubicaron la enseñanza en un escenario situado, reconocible, incluso en la virtualidad.

Representaciones del fenómeno químico

A lo largo de la clase se identificaron momentos en los que el docente articuló de manera intencionada los distintos niveles de representación en química: macroscópico, simbólico y submicroscópico (Johnstone, 1982, 1993). Esta articulación no se dio como una estructura explícita, sino como una práctica discursiva que hilvanó la experiencia observable con la explicación química y su formalización simbólica.

En cuanto al nivel macroscópico, las explicaciones del docente se anclaron en lo visible. Durante la visualización de los videos, describió con detalle los cambios observables en los materiales utilizados, el color de los sólidos formados, la presencia de gases, el uso de recipientes adecuados para la recolección de productos. En particular, al explicar la transformación del sulfato de plomo en sulfuro de plomo por acción del hidrógeno, señaló:

“Al cabo de un tiempo se saca, se mira y fíjense ¿qué fue lo que pasó? (...).

El sulfato de plomo es una droga sólida blanca. El sulfuro de plomo, como la gran mayoría de los sulfuros es una droga negra, un sólido negro.”

Este tipo de explicación buscó compensar la imposibilidad de observar en vivo la experiencia, apelando a una descripción detallada que dirigiera la atención de las y los estudiantes hacia los aspectos relevantes del fenómeno.

A nivel simbólico, se trabajó con el planteo de ecuaciones químicas, tanto en su forma molecular como iónica, y con el uso de datos termodinámicos y electroquímicos. El docente mostró en pantalla los esquemas, tablas y fórmulas necesarios para justificar cada reacción, explicando también los procedimientos para calcular potenciales y constantes. En uno de los ejercicios planteados, explicitó:

“Entonces todas las reacciones que tenemos con los valores arriba de la flechita [figura 29], que la flechita me indica en qué sentido está planteado ese potencial, es de reducción y yo acá tengo una oxidación. Y como yo acá

tengo que calcular un potencial de reducción usando esta especie que está acá, voy a tener que invertirla.”

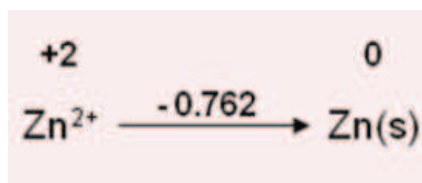


Figura 29. Imagen mostrada por el docente.

El nivel submicroscópico apareció en menor medida, pero fue abordado en momentos clave de la clase, especialmente al justificar el número de electrones involucrados en una reacción de óxido-reducción. Por ejemplo, al referirse al balance de electrones entre el azufre y el hidrógeno, señaló:

“Si ustedes se fijan, el primero, el azufre necesita 8 electrones, pero el hidrógeno sólo le da 2. Entonces, debe ocurrir 4 veces la reacción del hidrógeno, que involucra al hidrógeno, para que se obtengan los 8 electrones.”

Este fragmento muestra cómo el docente reconstruyó el fenómeno en términos de partículas y carga eléctrica, aportando una explicación que no es visible pero que permite comprender lo que sucede a nivel molecular.

En suma, la clase virtual conservó la complejidad representacional propia de la química. Si bien las limitaciones del entorno no permitieron la manipulación directa ni la exploración sensorial de los fenómenos, la exposición del docente articuló los niveles de representación de forma coherente, utilizando los recursos disponibles para sostener el carácter explicativo, simbólico y visual de la disciplina.

Saberes puestos en juego

La clase remota analizada permitió observar una movilización compleja de saberes, no sólo en relación con el contenido específico de la QI, sino también con habilidades instrumentales, modos de razonar químicamente y estrategias para el aprendizaje autónomo en contextos mediados por tecnologías.

Desde el punto de vista conceptual, el docente abordó una amplia gama de contenidos: reacciones redox, cálculos de potenciales de celda, constantes de equilibrio, justificación termodinámica de transformaciones químicas, y representaciones

moleculares e iónicas. Esta diversidad de tópicos no fue tratada de manera enciclopédica, sino articulada a partir de situaciones concretas derivadas de las experiencias filmadas, lo que permitió anclar los conceptos a contextos significativos. Además de los saberes disciplinares, se pusieron en juego saberes procedimentales vinculados a la lectura e interpretación de tablas de datos, la selección adecuada de ecuaciones, la construcción de cadenas de reacciones, el balance de ecuaciones redox, y la aplicación de fórmulas como la ecuación de Nernst. Estos procedimientos, frecuentemente abordados de forma mecánica en otros contextos, fueron aquí modelizados con claridad por el docente, quien explicó cada paso en voz alta, justificando las decisiones tomadas y mostrando caminos alternativos de resolución:

“Entonces esta expresión, les mencioné una teoría, la van a tener que recordar, siempre me permite pasar de potencial a constante o de constante a potencial. Obviamente siempre que sea una reacción redox”

Finalmente, se destacaron saberes metacognitivos e instrumentales, especialmente en torno al uso del compendio de datos. El docente no sólo lo utilizó como herramienta, sino que ofreció claves para su lectura crítica, promoviendo una apropiación activa por parte de los estudiantes:

“Recuerden que ahora en Química Inorgánica [...] van a tener que trabajar siempre con el compendio para obtener esa información [...] los exámenes no van a ser como hacíamos en general [...] tienen que saber buscar los datos, encontrarlos y después trabajar”

En este sentido, la enseñanza remota no fue planteada como una simple exposición de contenidos, sino como una situación de formación donde se desplegaron herramientas para interpretar fenómenos, resolver problemas y argumentar con datos. La clase se constituyó así en un espacio de construcción de saberes específicos de la disciplina, pero también de aprendizaje sobre cómo hacer química en un entorno desafiante.

4.4.5 Conclusiones parciales del Estudio III-B

Este estudio permitió describir algunas de las principales características de la clase virtual desarrollada por un docente universitario de QI en el contexto de pandemia, y analizar los recursos empleados para la enseñanza de temas prácticos y experimentales

en un entorno mediado por tecnologías. A pesar de las limitaciones impuestas por el aislamiento, la propuesta de enseñanza logró sostener una continuidad en los objetivos de formación, haciendo uso de estrategias discursivas, herramientas digitales y recursos visuales que buscaron preservar el carácter empírico y explicativo de la química como disciplina.

El primer aspecto a destacar es la continuidad en el planteo de situaciones de enseñanza que se anclan en la práctica experimental. Tal como había ocurrido en la clase presencial del Estudio III-A, la secuencia de trabajo partió de una situación concreta (la obtención de hidrógeno, la descomposición del agua oxigenada, la acción reductora del gas), en torno a la cual se organizaron las explicaciones, los problemas y los procedimientos. En ambos casos, el docente modelizó la práctica científica y ofreció criterios para interpretar los fenómenos, conectar niveles de representación y justificar los resultados observados.

Sin embargo, la clase virtual introdujo algunas transformaciones relevantes. En primer lugar, el lenguaje se volvió la herramienta principal para sostener la experiencia. Lo que en el laboratorio presencial se daba por medio de la manipulación de sustancias, la observación directa o el intercambio informal, aquí debió reconstruirse a través de una explicación pausada, guiada, muchas veces redundante, que reemplazó lo que no podía mostrarse en vivo. En ese sentido, el docente asumió un rol más centralizado y estructurante, articulando los materiales disponibles (videos, tablas, compendios) con su discurso como medio privilegiado para el acceso al conocimiento.

Asimismo, se incorporaron recursos que no estaban presentes en la presencialidad, como la proyección de videos, la integración de datos en pantalla compartida y el uso del compendio como herramienta, ahora, digital. La virtualidad forzada operó entonces como un espacio de exploración didáctica, en el que se mantuvo el foco en la enseñanza del contenido, pero también se experimentaron nuevas formas de organizar la clase, de acompañar los procesos de pensamiento y de promover el trabajo autónomo por parte de los estudiantes.

El análisis comparativo entre la clase presencial y la clase virtual evidencia tanto las continuidades en el CDCa del docente como las adaptaciones necesarias ante el cambio de contexto. En ambas situaciones, el profesor sostuvo una enseñanza centrada en el problema, estructuró su discurso para guiar el razonamiento químico, utilizó representaciones múltiples y promovió el uso de herramientas propias de la disciplina.

Pero lo hizo a través de formas distintas: en el aula, mediante el manejo de materiales, la escritura en el pizarrón y el intercambio cara a cara; en la virtualidad, mediante la palabra, la imagen y el diseño de experiencias mediadas por pantallas.

En suma, el pasaje de la presencialidad a la virtualidad no implicó una ruptura en las intenciones pedagógicas del docente, sino una reformulación de sus modos de acción. El análisis de esta clase remota muestra que, incluso en escenarios de enseñanza no presenciales, es posible sostener una propuesta significativa para la enseñanza de la química, siempre que se articulen intencionalmente recursos discursivos, materiales y representacionales. Esta experiencia aporta elementos valiosos para pensar la enseñanza de la química en entornos mediados por tecnologías, así como para reconocer las decisiones que los docentes toman al adaptar sus estrategias, sus recursos y sus discursos en función del contexto.

4.4.6 Discusión y Conclusiones del Estudio III

El análisis conjunto de las clases presenciales (Estudio III-A) y virtuales de emergencia (Estudio III-B) del docente D1 ofrece una visión densa y situada de cómo se estructura el CDC en el laboratorio universitario de QI. La comparación de ambos contextos revela tanto continuidades estructurales como adaptaciones estratégicas, que dialogan con lo planteado por investigaciones previas sobre el CDC en entornos experimentales y con lo observado para este mismo docente en el Estudio II-B.

En II-B, el análisis de su CDC declarado y CDCa ya había mostrado un perfil caracterizado por: la conducción centralizada de la clase, la coherencia entre lo que afirmaba en el ReCo y lo que efectivamente hacía, la articulación sistemática de los niveles representacionales de Johnstone, y la incorporación del compendio de datos como herramienta estructurante del trabajo práctico. Los hallazgos del Estudio III no solo confirman estas características, sino que las amplían al documentar su despliegue en dos formatos de enseñanza contrastantes.

Continuidades en el CDC

En línea con Bond-Robinson (2005) y van den Berg (2009, 2013), el CDC de D1 se sostuvo sobre un núcleo estable que conecta la manipulación de equipamientos con la manipulación de ideas, articulando de manera sistemática los niveles representacionales de Johnstone. Tanto en la presencialidad como en la virtualidad, el docente:

- Partió de situaciones experimentales (reales o mediadas por video) como eje estructurante.
- Promovió la observación activa y justificada de fenómenos macroscópicos, conectándolos con explicaciones submicroscópicas y simbólicas.
- Utilizó preguntas guía para activar conocimientos previos y orientar el razonamiento.
- Articuló modelos teóricos, cálculos y procedimientos en una secuencia coherente.

Este patrón coincide con los niveles de Bond Robinson (2005), tanto respecto a CDQ 1, CDQ 2, y con énfasis en CDQ 3, al guiar el razonamiento conceptual y promover la modelización química. Las mismas regularidades ya habían sido identificadas en el Estudio II-B, lo que sugiere un estilo de enseñanza consolidado y poco dependiente del formato de clase.

Adaptaciones y tensiones

El cambio abrupto a la enseñanza remota obligó a adaptar el CDC, en un sentido similar a lo que Wei y Liu (2018) describen como influencia de factores contextuales en la práctica docente:

- Centralidad del discurso: el lenguaje oral, acompañado de recursos visuales, reemplazó la interacción con materiales reales.
- Integración de tecnología: uso de videos pregrabados, presentaciones y compendios digitales, articulados en tiempo real.
- Secuenciación más rígida y explicitación paso a paso de procedimientos y cálculos, en sintonía con la necesidad de compensar la ausencia de experimentación directa.

En comparación con lo registrado en II-B, donde las clases observadas se desarrollaron en presencialidad y con recursos materiales disponibles, la virtualidad expuso de forma más visible procesos cognitivos y criterios de resolución que, en el laboratorio, podían quedar implícitos.

Sin embargo, se evidenciaron tensiones:

- Menor espacio para la exploración autónoma y la negociación colectiva de significados.

- Disminución de la retroalimentación inmediata, lo que coincide con la advertencia de Wei *et al.* (2019) sobre cómo las condiciones y recursos limitan el alcance formativo del TP.

Comparación con estudios previos

La experiencia de D1 confirma lo que la literatura ha documentado en otros niveles educativos:

- Como señalan Wei *et al.* (2019) y Chen y Chen (2021), la reflexión sobre la propia práctica y la interacción con colegas son fuentes clave para construir el CDC. En D1, esto se traduce en un estilo de enseñanza que combina saberes disciplinares, experiencia acumulada y rutinas de equipo.
- El énfasis en conectar niveles representacionales y en el uso intencional del compendio de datos se alinea con lo que van den Berg (2009, 2013) define como pasar de la manipulación de equipamientos a la manipulación de ideas.
- La presencia limitada del contexto profesional y de referencias explícitas a la vida cotidiana concuerda con lo observado por Bond-Robinson (2005) respecto a la dificultad de ampliar el CDC más allá de lo estrictamente disciplinar.

En este punto, el diálogo con II-B es claro: las continuidades en las estrategias, el uso de recursos y la coherencia interna del discurso docente confirman que el CDC de D1 se configura como un entramado estable de saberes y prácticas, sensible a las condiciones de enseñanza pero con un núcleo conceptual constante.

Con el fin de sistematizar las coincidencias y diferencias identificadas entre ambos contextos, la tabla 45 presenta una síntesis comparativa de los recursos, estrategias y manifestaciones del CDC de D1 en la presencialidad (Estudio III-A) y en la virtualidad de emergencia (Estudio III-B).

Tabla 45. Síntesis comparativa del CDC de D1 en clases presenciales (Estudio III-A) y virtuales de emergencia (Estudio III-B)

Dimensión	Presencialidad (III-A)	Virtualidad de emergencia (III-B)
Recursos	Pizarra, guías impresas, experimentación directa.	Videos, compendios digitales, escritura en pantalla, presentaciones.
Lenguaje	Integrado a la experiencia directa; anclaje en lo observable.	Lenguaje como eje central; descripciones detalladas y guiadas.
Niveles de Johnstone	Énfasis en macroscópico (praxis y epistémico), con articulación constante a simbólico y submicroscópico.	Mayor equilibrio entre macroscópico descriptivo y simbólico; submicroscópico en momentos clave.
Evaluación	Preguntas en tiempo real, verificación de observaciones, entrenamiento para examen.	Preguntas retóricas y de opción binaria; menor interacción evaluativa espontánea.
Vínculo pedagógico	Interacción directa y gestión flexible.	Vínculo mediado por pantalla; secuencia más controlada.
CDC según Bond-Robinson	Predominio CDQ-1 y CDQ-2, con énfasis en CDQ-3.	Refuerzo de CDQ-3 y CDQ-3; menor despliegue de CDQ-2 por ausencia de manipulación directa.

El caso de D1 muestra que el CDC en el laboratorio universitario no es estático, sino dinámico, situado y sensible al contexto. El docente logró mantener la estructura conceptual y la coherencia interna de su enseñanza, adaptando recursos y estrategias a las restricciones de cada formato.

Se reafirma así que:

1. Las intenciones pedagógicas y el núcleo estructurante del CDC se sostienen incluso en condiciones adversas.
2. La adaptación a la virtualidad implicó un fortalecimiento en la explicitación y secuenciación, pero limitó la interacción y la exploración práctica.
3. El desarrollo del CDC requiere espacios formativos donde se trabaje explícitamente la integración entre niveles representacionales, la adaptación del discurso y el diseño de experiencias mediadas por tecnología.

En síntesis, el Estudio III evidencia que la experticia docente se sustenta en el equilibrio entre estabilidad conceptual y flexibilidad pedagógica, y que la capacidad de ajustar el

CDC frente a cambios drásticos es un indicador clave de profesionalidad en la enseñanza de la química.

En el recorrido metodológico de esta tesis, el Estudio III marca el cierre de un movimiento espiralado que inició con una perspectiva histórico-documental (Estudio I), avanzó hacia una caracterización del CDCc en equipos docentes (Estudio II) y culminó con una indagación en profundidad del CDCp de un docente universitario experto en dos contextos contrastantes: la presencialidad y la virtualidad de emergencia.

Este tercer estudio permitió mostrar cómo un mismo núcleo de intenciones pedagógicas y estructuras de enseñanza puede sostenerse en contextos diversos, adaptándose a través de transformaciones en los recursos, en la secuenciación y en el uso del lenguaje. Así, se confirma que el CDC no es un saber fijo, sino una construcción situada y dinámica, sensible a las condiciones materiales, institucionales y tecnológicas de la enseñanza.

En conjunto, los tres estudios desarrollados en esta tesis ofrecen una visión integrada del CDC en el laboratorio universitario de QI, desde su evolución histórica y curricular hasta sus manifestaciones en la práctica docente, tanto colectiva como individual. En la siguiente sección se presenta una síntesis general de los resultados obtenidos en todos los estudios de la presente tesis.

4.5 Articulación de los tres estudios: de la historia a la práctica situada

El recorrido analítico desarrollado en esta tesis se configuró como una espiral que, partiendo de la reconstrucción histórica del laboratorio de química como forma de clase (Estudio I), avanzó hacia la caracterización del CDC en equipos docentes universitarios (Estudio II) y culminó con la indagación en profundidad del CDC de un docente experto en contextos presenciales y virtuales (Estudio III).

El Estudio I permitió identificar tres periodos históricos en la configuración del laboratorio (preciencia, ciencia y actividad escolar), reconstruyendo su tránsito desde una práctica artesanal hacia una forma de clase institucionalizada con propósitos educativos. El Estudio I-B amplió esta perspectiva al analizar programas, guías y materiales curriculares de QI junto con observaciones de clases, lo que permitió caracterizar la secuenciación docente, los modos de integración entre teoría y práctica, y las concepciones subyacentes sobre el rol del laboratorio. La articulación entre ambas miradas (histórica y curricular-observacional) ofreció un marco interpretativo sólido para comprender las continuidades, rupturas y vacíos que subyacen a las prácticas contemporáneas de enseñanza en el laboratorio universitario.

El Estudio II documentó el CDC de docentes universitarios en clases de laboratorio, tanto desde lo declarado colectivamente (II-A) como desde la práctica situada observada (II-B). La triangulación mostró que el CDC se configura de manera jerárquica y poco horizontal, con una planificación centralizada, predominio de enfoques transmisivos y escasa integración explícita de las particularidades estudiantiles. La “*coreografía del laboratorio*” emergió como metáfora para describir la organización implícita de roles y tareas, sostenida más por la imitación y la tradición que por la reflexión didáctica sistemática.

El Estudio III, a partir de un caso único de docente experto, permitió examinar con mayor detalle cómo se articula y adapta el CDC frente a contextos de enseñanza distintos. En la presencialidad, se evidenció un dominio profundo del contenido, una articulación fluida entre niveles representacionales y una modelización sistemática de los procedimientos experimentales. En la virtualidad de emergencia, estas intenciones se sostuvieron mediante adaptaciones en el uso del lenguaje, recursos visuales y estrategias discursivas que buscaron preservar el carácter empírico y explicativo de la disciplina.

En conjunto, los tres estudios revelan que el CDC en el laboratorio universitario de QI es una construcción compleja, situada y dinámica, influida por factores históricos,

institucionales, curriculares y contextuales. Este saber profesional se nutre tanto de tradiciones arraigadas como de adaptaciones creativas frente a desafíos imprevistos, y plantea la necesidad de espacios sistemáticos de formación y reflexión pedagógica en el ámbito universitario.

Este panorama integrado constituye el punto de partida para las conclusiones generales de la tesis, donde se profundizará en las implicancias de estos hallazgos para la enseñanza de la química en el nivel superior, las proyecciones para la formación docente y las líneas de investigación futuras.

Capítulo 5. Conclusiones y perspectivas

“No nos tenemos que considerar nunca desarmados; la naturaleza es inmensa y compleja, pero no impermeable a la inteligencia, tienes que cercarla, horadar, sondear, buscar el lugar de paso o construirlo tú.”

— **Primo Levi**, *El Sistema Periódico*, p.85 (El Aleph, 2004)

5.1 Introducción

Este capítulo constituye el cierre de la espiral analítica iniciada en el Capítulo 1 y propone una integración de los resultados para construir el CDC sobre TPL de QI. Recupera los objetivos y preguntas de investigación, articula la evidencia producida en los tres estudios y formula un perfil integrado de CDC derivado del recorrido realizado. En el primer giro de la espiral (Estudios I-A e I-B) se delineó el trasfondo histórico-curricular del laboratorio y se describieron prácticas vigentes, materiales estables y roles, lo que permitió situar las decisiones docentes en una tradición específica. En el segundo giro (Estudios II-A y II-B), al poner en relación el CDC declarado con el CDC en acción (CDCa), se reconstruyó la coreografía del laboratorio y se evidenció cómo el CDCa se teje en sintonía con el CDC declarado, en consonancia con las distintas trayectorias y jerarquías. En el tercer giro (Estudios III-A y III-B), el análisis de un docente experto, en presencialidad y en enseñanza remota de emergencia, permitió caracterizar su CDC personal (CDCp), identificando principios de diseño y conducción de la clase que sostuvieron la comprensión con y sin manipulación directa de los fenómenos experimentales.

A modo de síntesis, la espiral converge en un perfil de CDC sobre los TPL de QI, organizado en cinco componentes centrales:

- 1 Propósitos y criterios de logro explícitos que orientan tareas y evaluaciones.
- 2 Tareas y recursos (guías, compendios, esquemas, instrumental) que funcionan como andamiajes para organizar tiempos, roles y condiciones de seguridad.
- 3 Lenguaje científico empleado como recurso de acceso a los modelos, más allá de la nomenclatura.

- 4 Enlaces entre niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) promovidos durante las actividades experimentales.
- 5 Evaluación coherente con los propósitos, con instancias de justificación, comparación y síntesis.

El capítulo se organiza del siguiente modo: En primer lugar, se presenta una matriz de trazabilidad que vincula objetivos, preguntas y hallazgos. A partir de lo cual, se desarrolla la discusión general anclada en el marco teórico. Luego, se exponen de manera integrada las conclusiones correspondientes a cada objetivo. Más adelante, se reúnen los aportes de la tesis y se formulan recomendaciones operativas derivadas de los resultados y conclusiones.

5.2 Síntesis integrada de todos los estudios

Esta sección integra los objetivos y preguntas del Capítulo 1 con las fuentes empíricas del Capítulo 4 para presentar una síntesis interpretativa del CDC sobre los TPL de QI. En la tabla 46 se organiza la correspondencia entre objetivos, preguntas, hallazgos y trazabilidad interna hacia las secciones del capítulo 4 en donde se presentan los resultados.

Tabla 46. Correspondencia entre objetivos, preguntas, hallazgos y fuente interna

Obj.	Pregunta (P)	Hallazgo clave (síntesis interpretativa)	Fuente interna (sección)	Estudios	Dimensión principal CDC
I	P1. ¿Cómo ha evolucionado históricamente el laboratorio de Química como espacio de enseñanza?	El laboratorio se consolidó como dispositivo didáctico estable, con secuencias previsibles y cierres justificatorios que orientaron decisiones actuales.	4.2.2– 4.2.4	I-A / I-B	Tareas y recursos; Evaluación
I	P2. ¿Qué características presentan las prácticas educativas que actualmente se desarrollan en un laboratorio universitario de QI del nivel superior?	Predominaron guías/compendios como andamiajes; roles y seguridad quedaron explicitados; el foco se puso en justificar el cambio observado.	4.2.4– 4.2.5	I-B	Tareas y recursos; Enlaces representacionales; Evaluación
II	P3. ¿Qué elementos del CDC declaran los docentes universitarios de QI sobre las clases de laboratorio?	Los docentes declararon metas centradas en lo observable– modélico con dominio procedimental; y esperaron interpretaciones apoyadas en ecuaciones/datos.	4.3.2– 4.3.4	II-A	Propósitos; Tareas y recursos
II	P4. ¿Qué similitudes y diferencias se observan entre CDC declarado y en acción de docentes con distintos niveles de experiencia?	Hubo coincidencias en metas, seguridad y procedimientos y diferencias en la explicitación de propósitos, en los puentes entre niveles y en la evaluación. El CDCa replicó el declarado, con variaciones por jerarquía.	4.3.5– 4.3.7	II-B	Propósitos; Enlaces representacionales; Evaluación
III	P5. ¿Cómo se configura el CDC del profesor universitario experto en clases presenciales de laboratorio de QI?	El docente experto condujo con preguntas-puente que enlazaron lo observable y lo modélico, sosteniendo la comprensión junto al fenómeno observado.	4.4.2– 4.4.3	III-A	Lenguaje científico; Enlaces representacionales
III	P6. ¿Cómo se adapta el CDC de un profesor universitario experto a la enseñanza remota de emergencia?	Se explicitaron procedimientos/condiciones y se trasladó autonomía a la búsqueda/uso de datos, preservando la comprensión sin manipulación directa.	4.4.4– 4.4.6	III-B	Tareas y recursos; Evaluación; Lenguaje científico

La lectura completa de la tabla 46 muestra, en primer lugar, la estabilidad organizativa del laboratorio como dispositivo didáctico: guías y compendios, secuencias previsibles, distribución de tiempos y roles y cierres justificatorios que orientan decisiones actuales. En segundo lugar, al poner en relación el CDC declarado con el CDCa, se reconstruye la coreografía del laboratorio: convergen metas, seguridad y procedimientos, mientras que las principales diferencias se localizan en la explicitación de propósitos, los enlaces

entre niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) y los modos de evaluación; este contraste se asocia con la experiencia y la jerarquía: los perfiles más noveles priorizan el sostén del acontecimiento experimental y los de mayor jerarquía conducen la articulación entre niveles y la explicitación de criterios. Finalmente, el caso experto evidencia propósitos y criterios estables con ajustes situados de secuencias, recursos y evaluaciones que sostienen la comprensión tanto en presencialidad como en enseñanza remota de emergencia.

A continuación, la tabla 47 complementa la síntesis presentada previamente a través de ejes transversales que condensan aspectos más allá de cada pregunta.

En conjunto, las tablas 46 y 47 muestran una estabilidad organizativa del laboratorio de enseñanza y, a la vez, las variaciones relacionadas a la experiencia y jerarquía en la explicitación de metas, la calidad de los pasajes macro-submicro-simbólico y la conducción de la evaluación. En la sección siguiente, se profundiza en los cinco componentes del CDC en diálogo con el marco teórico.

Tabla 47. Ejes transversales de interpretación y su anclaje en el CDC

Objetivo(s)	Eje complementario	Hallazgo interpretativo	Dimensión CDC	Fuente interna
I	Organización del espacio y del tiempo	La planificación temporal y la disposición de puestos operan como andamiaje logístico que estabiliza el dispositivo y reduce la incertidumbre procedimental.	Tareas y recursos	Estudio I-A y I-B (4.2)
I	Seguridad y roles	La seguridad y la asignación de roles se explicitan al inicio y guían la interacción durante la práctica, integrándose a los criterios de cierre.	Propósitos; Evaluación	Estudio I-B (4.2.4)
I-II	Relación teoría-experimento	Predomina el uso confirmatorio de la práctica; la problematización depende del docente.	Propósitos; Enlaces	Estudios I-B y II-B (4.2.4; 4.3.2)
II	Crecimiento profesional (principiante → experto)	Con la experiencia crece la explicitación de propósitos, se enriquecen los enlaces entre registros y se alinean mejor los criterios evaluativos.	Propósitos; Enlaces; Evaluación	Estudios II-A/II-B (4.3)
II	Trabajo colaborativo en cátedra	La coordinación interna (quién explica, quién supervisa, quién cierra) modula la clase y afecta la consistencia del CDCa.	Tareas y recursos; Evaluación	Estudio II-B (4.3.5)
II	Evaluación en capas	Se evalúan simultáneamente TP, desempeño estudiantil y actuación docente; normas a menudo implícitas y sensibles a jerarquías.	Evaluación	Estudio II-B (4.3.5)
II-III	Lenguaje científico	El lenguaje funciona como recurso didáctico (metáforas operativas, nominalizaciones, precisiones) que puede facilitar u obstaculizar pasajes entre registros.	Lenguaje; Enlaces	Estudios II-B y III-A/III-B (4.3, 4.4)
II-III	Niveles representacionales	La articulación entre niveles mejora cuando el docente explicita el puente entre observables, especies/procesos y simbolización; en remoto requiere soportes adicionales.	Enlaces representacionales	Estudios II-B y III-A/III-B (4.3, 4.4)
III	Laboratorio extendido	Durante la pandemia el laboratorio se extiende con recursos digitales; el docente reconfigura secuencias y criterios para sostener calidad de datos y sentido del modelo.	Tareas y recursos; Evaluación	Estudio III-B (4.4.4)
III	CDC del experto	Propósitos y criterios permanecen estables entre formatos; cambia la coreografía de recursos y tiempos para alcanzar las mismas comprensiones.	Propósitos; Evaluación	Estudios III-A/III-B (4.4.2, 4.4.4)

5.3 Análisis integrador

Esta sección se organiza en torno a dimensiones que atraviesan la práctica docente en el laboratorio: (a) las tareas y recursos como soportes de la organización didáctica; (b) el lenguaje científico en su función mediadora; (c) los enlaces entre distintos niveles de representación; (d) la evaluación y la coordinación de la cátedra; y (e) la cultura del laboratorio como trasfondo material y simbólico. Cada una de estas dimensiones permite poner en relación los hallazgos empíricos con los marcos conceptuales revisados, iluminando los modos en que las y los docentes configuran y resignifican su CDC en la enseñanza experimental.

Tareas y recursos: materiales y organización didáctica

Los resultados muestran que guías, compendios y esquemas funcionaron como andamiajes estables para organizar tiempos, roles y seguridad, facilitando el control de variables y sosteniendo la previsibilidad de las secuencias. Esta estabilidad se apoya en infraestructura y cultura material consolidadas (laboratorio de docencia, equipamiento y trabajo por equipos), lo que favorece la continuidad de los TP en cohortes numerosas. El trabajo colaborativo del equipo docente atraviesa planificación, preparación, implementación y evaluación; y la evaluación en capas pondera simultáneamente el TP, el desempeño estudiantil y la actuación docente, con normas a menudo implícitas y sensibles a jerarquías. Esta *coreografía multidimensional del laboratorio* requiere una organización fina de materiales y roles.

Lenguaje científico como recurso didáctico

Cuando la o el docente explicita metas y conexiones, el lenguaje opera como puente hacia los modelos y como soporte para justificar decisiones y traducir entre registros; mientras que cuando se explicitan aspectos respecto a la ejecución, el discurso se concentra en consignas/nomenclaturas con menor articulación. En química, el lenguaje técnico es normativo y comunitario (Lorenzo, 2018; Weininger, 1998) y las intervenciones analizadas activaron en diferente medida niveles simbólicos, relacionales, modélicos y epistémicos (Jacob, 2001). En escenarios de alta densidad informativa, repeticiones y reformulaciones reducen la sobrecarga y sostienen el hilo

explicativo (Byers, 2002). Parte de las interacciones siguió ciclos de evaluación formativa (elicitación–respuesta–uso didáctico de la evidencia), lo que orientó la comprensión (Ruiz-Primo & Furtak, 2007).

Enlaces entre representaciones

Las intervenciones que cruzan lo observable, lo modélico y lo simbólico amplían oportunidades de razonamiento aun en tareas de verificación/ejercitación. En docentes con mayor experiencia y liderazgo, estas transiciones emergen con más nitidez; en las guías analizadas predominaron formas expositivas/ilustrativas sobre las de indagación (Domin, 1999; Caamaño, 2004), lo que garantiza la ejecución de procedimientos pero reduce la comparación de modelos durante su ejecución. Se observó una mezcla de demandas cognitivas (desde cálculos estequiométricos y balance hasta relaciones concentración/volumen) que habilita actividades de distinto nivel según el diseño de cada actividad (Reyes Cárdenas *et al.*, 2019).

Evaluación y coordinación de cátedra

La coordinación (quién explica, quién supervisa, quién cierra) modula la práctica docente; hacer visibles los criterios y evidencias durante la actividad mejora el alineamiento entre lo declarado y lo actuado y reduce la informalidad de normas implícitas. La organización en roles al interior del equipo docente se acompañó de turnos de habla diferenciados y funciones acotadas: perfiles de monitoreo y sostén en mesadas (docentes con menor experiencia) y perfiles de gestión integral de la clase (docentes con mayor experiencia). Estas configuraciones se correlacionan con las responsabilidades asignadas por jerarquía.

Cultura del laboratorio

Desde la tradición disciplinar, con raíces positivistas y un cierto hermetismo histórico, el laboratorio acumuló un “aura” institucional que hoy exige explicitar propósitos, criterios y vínculos con modelos al organizar las prácticas. Los desafíos contemporáneos de alfabetización científica refuerzan la necesidad de un CDC que conecte la experiencia experimental con marcos conceptuales y sociales robustos. La

cultura material de los laboratorios (instrumentos, bancos, dispositivos) configuró identidades escolares; los hallazgos de esta tesis extienden esa reflexión al plano inmaterial: decisiones docentes, modos de interacción, lenguaje y estrategias de articulación teoría-práctica componen una cultura pedagógica que se transmite y recrea en el laboratorio universitario de QI. El CDC no es estático: se negocia y resignifica en cada interacción. La escena experimental, tal como se practica hoy, predispone a un rol estudiantil más ejecutor que problemático, con fuerte validación confirmatoria de la teoría.

A continuación, se presentan las conclusiones alcanzadas en relación a los objetivos de estudio propuestos.

5.4 Conclusión I (Objetivo I)

En respuesta a las P1–P2 del Objetivo I (ver tabla 46), el laboratorio se presenta como dispositivo didáctico estable: guías/compendios, secuencias previsibles, roles y seguridad explícitos y cierres que justifican y orientan las decisiones actuales.

En el plano histórico, la evolución del laboratorio puede sintetizarse en tres períodos que desembocan en la forma escolar de los TP: de la práctica artesanal y alquímica, al laboratorio de investigación con protocolo y, finalmente, a los TPL orientados por guías, rutinas y roles. Este trayecto explica los rasgos característicos de las clases de laboratorio universitario de química básica que hoy observamos: centralidad de compendios/guías, procedimientos estandarizados, jerarquías y dispositivos de seguridad que estabilizan la escena.

5.5 Conclusión II (Objetivo II)

En respuesta a las P3–P4 del Objetivo II (ver tabla 46), se observaron coincidencias en metas, seguridad y procedimientos, y variaciones (según experiencia/jerarquía) en la explicitación de propósitos, el uso de las representaciones macro–submicro–simbólica y los modos de evaluación.

Se reconstruyó la *coreografía del laboratorio* y se describió cómo se configura el saber profesional, que progresa desde el sostén en la mesada experimental hacia una visión integral de la clase; esta trayectoria se manifestó en la organización de roles y turnos de

habla con funciones diferenciadas: perfiles de monitoreo y sostén en mesadas (docentes con menor experiencia) y perfiles de gestión integral de la clase (docentes con mayor experiencia), configuraciones que se correlacionaron con las responsabilidades asignadas por jerarquía.

En la documentación del CDCc, los docentes reconocieron el valor del TPL para fortalecer habilidades y destrezas prácticas, pero priorizaron contenidos teóricos al justificar los fenómenos (apoyados en cálculos termodinámicos) y sostuvieron la exposición como recurso privilegiado para enmarcar lo observado. En la trayectoria profesional se advierte una transición: los noveles concentran su atención en los acontecimientos experimentales, mientras que los de mayor experiencia en los fundamentos teóricos.

Durante una misma sesión se evalúan simultáneamente el funcionamiento del TP, el desempeño estudiantil y el desempeño docente. Predominan prácticas informales cuyas reglas circulan de modo implícito, y emerge también una evaluación entre docentes donde se ponen en juego jerarquías, expectativas y responsabilidades. En este contexto, el CDCc integra saberes individuales por complementariedad y se hace visible en la planificación–preparación–implementación–evaluación.

5.6 Conclusión III (Objetivo III)

En respuesta a las P5–P6 del Objetivo III (ver tabla 46), el docente experto sostuvo propósitos y criterios estables y realizó ajustes situados en secuencias, recursos y evaluación que preservaron las comprensiones con y sin manipulación directa (en lo presencial y durante la enseñanza remota de emergencia).

El AD docente mostró una insistencia productiva en la corrección de procedimientos, la observación detallada de fenómenos y su interpretación teórica, explicitando la distancia entre el trabajo real de mesada y el mundo modélico. Durante la pandemia, el docente alternó ciclos explicativos entre el nivel macroscópico y el simbólico, apoyándose en materiales digitales y criterios visibles, lo que permitió sostener comprensiones aun sin manipulación directa.

A continuación, se presentan los aportes originales que surgen de la presente tesis.

5.7 Aportes originales de la tesis

Aportes empíricos

La tesis documentó las prácticas de laboratorio en QI, reconstruyendo decisiones docentes sobre propósitos, selección de tareas y recursos, uso del lenguaje, niveles representacionales y evaluación, a partir de triangulación entre documentos, observaciones y cuestionarios ReCo. En particular se presentó:

- Lectura histórico-curricular que explica la centralidad de los materiales, las rutinas, los roles y su impacto en decisiones actuales.
- Articulación del CDC declarativo y el CDCa incluyendo la construcción del CDCc a lo largo de la trayectoria docente.
- Documentación del CDCp experto en dos contextos diferenciados, caracterizando sus propósitos/criterios y ajustes en las secuencias, recursos y evaluación que sostuvieron la comprensión con y sin manipulación directa.

Aportes teórico-metodológicos

Se fortaleció un andamiaje analítico que articula el modelo de CDC con categorías sensibles al laboratorio: propósitos, tareas/recursos, lenguaje, enlaces representacionales y evaluación. Metodológicamente, la combinación documentos + observaciones + cuestionarios permitió triangular CDCc, CDCp y CDCa. El estudio de caso experto se contribuye con la literatura sobre desarrollo del CDC a partir del análisis de prácticas de expertos.

Aportes conceptuales

Se precisaron tensiones del laboratorio universitario (demostración↔indagación; procedimiento↔modelo; acreditativa↔formativa) y se propuso el lenguaje como recurso didáctico que habilita el pasaje entre registros. Se contribuye la documentación del CDC para espacios experimentales propios de los TPL en QI, con la distinción CDCp / CDCa / CDCc (Carlson & Daehler, 2019), aportando evidencia situada del CDCc del DQGI. Se observaron convergencias en la multidimensionalidad de los modelos didácticos y en la influencia contextual (currículo, tiempos, recursos).

5.8 Implicancias para la enseñanza universitaria de QI

Los hallazgos de esta tesis delinearon aspectos fundamentales presentes en los TPL de QI (estabilidad organizativa del dispositivo, guías/compendios, rutinas, roles y seguridad y variaciones asociadas a la experiencia y la jerarquía en las explicaciones). Desde este marco, se plantean diferentes aspectos de mejora plausibles de ser implementadas considerando: diseños con criterios explícitos en guías y cierres para asegurar coherencia entre lo propuesto, lo realizado y la evidencia; contextualización y laboratorio extendido mediante actividades de enseñanza situadas y recursos digitales reutilizables que preserven el entramado propósitos–recursos–lenguaje–evaluación tanto en aula como en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA); y desarrollo del CDCc a través de ciclos breves de co-planificación, observación focalizada entre pares y devoluciones con acuerdos de mejora, junto con una evaluación en tres planos (gestión de la práctica, comprensión conceptual y razonamiento con evidencia).

Las orientaciones que siguen traducen la evidencia de los Estudios I, II y III en decisiones concretas para el diseño, la conducción y la evaluación de TPL-QI.

1. Portadas de guía con propósitos y criterios observables: Reescribir el comienzo de cada guía para declarar 1–2 propósitos y 2–3 criterios que el estudiantado pueda evidenciar con productos o desempeños concretos. Al cierre, verificar esos criterios con un breve checklist o diálogo guiado.
2. Pausas metarrepresentacionales: Programar 2–3 momentos por práctica (marcadas en la guía) para nombrar el pasaje macro–submicro–simbólico, fijar vocabulario clave y registrar una equivalencia (esquema, ecuación o descripción submicroscópica).
3. Protocolos de seguridad justificados: Añadir a cada instrucción la justificación breve, identificando el riesgo o la variable controlada, y realizar un microchequeo previo al inicio. La seguridad se convierte así en contenido y no solo en requerimiento.
4. Consignas que comparen modelos y exijan decisiones con datos propios: Incluir consignas que requieran contrastar dos modelos/hipótesis/representaciones y elegir una alternativa, justificando con datos del propio experimento.
5. Plantillas y formatos comunes para registro, análisis y comunicación: Adoptar plantillas compartidas (registro de datos, cuadro de decisiones, esquema de informe breve).

6. Co-planificación y retroalimentación breve entre pares docentes: Instalar ciclos “planificar–observar–devolver”: reunión previa de 15–20 minutos con la guía, observación focalizada en indicadores y devolución con acuerdo de mejora verificable en la práctica siguiente.
7. Criterios evaluativos en tres dimensiones: Acordar tres planos de observación (gestión de la práctica; comprensión conceptual; razonamiento con evidencia) y criterios por práctica.
8. Integración de laboratorio extendido: Planificar actividades experimentales simples por unidad y un producto de síntesis (informe) realizable en aula o EVEA, de modo que el sentido de la tarea se mantenga más allá de la manipulación directa en el laboratorio.
9. Cierres con verificación de criterios y señalamiento de continuidad: Cerrar cada práctica con una verificación explícita de qué criterios se alcanzaron y qué evidencia se retomará la clase siguiente.
10. Formación situada del equipo docente: Institucionalizar un esquema permanente de formación situada que incluya tome como base los resultados alcanzados.

5.9 Cierre

En esta tesis, la espiral metodológica avanzó en giros sucesivos que retornaron sobre un mismo objeto: primero, el laboratorio como dispositivo históricamente estabilizado (Estudio I); luego, el entrelazamiento del CDC declarado con el CDCa (Estudio II); por último, el caso experto que atravesó la presencialidad y la enseñanza remota de emergencia sin perder el sentido conceptual del trabajo experimental (Estudio III). Ese movimiento en espiral permitió ver con nitidez que la estabilidad organizativa (guías, rutinas, roles y seguridad) fueron condición necesaria pero no suficiente: cuando los propósitos y los criterios se hicieron visibles, cuando el lenguaje disciplinar operó como herramienta de acceso a los modelos y los pasajes entre lo observable, lo submicroscópico y lo simbólico se enseñaron de modo explícito.

El recorrido empírico mostró que las secuencias expositivas o ilustrativas aportaron previsibilidad, aunque requirieron intervenciones deliberadas, preguntas genuinas y pausas para comparar modelos, explicitar supuestos y justificar con datos propios. El lenguaje resultó decisivo, fijó definiciones operativas y habilitó equivalencias simbólicas comprensibles. La evaluación cobró espesor cuando integró tres planos, la

gestión de la práctica, la comprensión conceptual y el razonamiento con evidencia. En el caso experto se constató que, aun con cambios de formato, fue posible conservar el sentido conceptual; allí se contribuyó a ampliar el laboratorio, sosteniendo la alfabetización experimental en escenarios con recursos restringidos mediante actividades de enseñanza situadas.

En suma, la tesis describió regularidades y diferencias en la construcción del CDC docente; reconstruyó decisiones docentes que hicieron enseñable el trabajo experimental y ofreció un modo de documentarlas con evidencias. El aporte central da cuenta de que la estabilidad del laboratorio como espacio áulico se resignificó en términos didácticos, convirtiéndose en un recurso que sostuvo la enseñanza experimental y permitió documentar el CDC docente. En ese punto, la espiral se abre hacia la formación situada del equipo docente: el pasaje novel–experto se tramita en co-docencia, con criterios compartidos y CDCc que se documenta y circula.

De este modo, la espiral quedó abierta hacia un plano de formación continua de equipo que convierte esas decisiones en hábitos compartidos: una práctica que aprende de sí misma porque puede nombrar lo que propone, mostrar con qué evidencia avanza y ajustar, en comunidad, el modo en que enseña.

Referencias Bibliográficas

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416. <https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Abrahams, I. Z. (2007). An unrealistic image of science. *School Science Review*, 88(324), 119-122.
- Abu-Much, R. (2021). From Redox Reactions to Nanomaterials: Visual Lab Activity for Exploring the Stabilization and Aggregation of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 98(12), 4037-4045. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00777>
- Aguilar Gavira, S., & Barroso Osuna, J. (2015). La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (47), 73-88. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i47.05>
- Alka, M., Bancong, H., Sukmawati, Muzaini, M., & Ernawati. (2023). Bibliometric Analysis of Pedagogical Content Knowledge (PCK) Publication Trends in Scopus Database from 2018 to 2022. *Studies in Learning and Teaching*, 4(2), 306-318. <https://doi.org/10.46627/silet.v4i2.222>
- Alonzo, A.C., Berry, A., & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. En: A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapur: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_12
- Al-Soufi, W., Carrazana-Garcia, J., & Novo, M. (2020). When the kitchen turns into a physical chemistry lab. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3090-3096. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00745>
- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A., & Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid-base chemistry at high school. *Chemical Education Research and Practice*, 16, 603-618. <https://doi.org/10.1039/C4RP00125G>

- Álvarez, S. (2011a). Los laboratorios químicos, estancias sagradas. *Anales de Química*, 107(2), 175–184.
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/255>
- Álvarez, M. M., Idoyaga, I., & Lorenzo, G. (2022). Las actividades prácticas con representaciones visuales en libros de texto de Biología. Una mirada desde la alfabetización visual. *Bio-grafía, Número Extraordinario*, 628-636.
<https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18093>
- Amat González, A., Martínez-Chico, M., & Jiménez-Liso, M. R. (2022). Formación de maestras por implementación de secuencias en su propio contexto de aula: red sistémica para el análisis de las entrevistas pre-post. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, 97(36.1).
<https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.91928>
- Appleton, K. (2006). Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers. En: K. Appleton (Ed.), *Elementary science teacher education: International perspectives on contemporary issues and practice*, (pp. 31–54). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9781315045443>
- Barberà, O., & Valdés, P. (1996). *El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365–379.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4212>
- Bardin, L. (1986). *Análisis de Contenido*. Akal.
- Bekerman, D., Galagovsky, L., Laborde, S., & Odetti, H. (2012). Enseñanza de la química vs. investigación en enseñanza de la química: ¿divorcio, convivencia... o qué? *Industria y Química*, 364, 49-55.
- Berry, A., Friedrichsen, P. J., & Loughran, J. (Eds.). (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Routledge Press.
<https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Berry, A., Loughran, J., & van Driel, J.H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271–1279. <https://doi.org/10.1080/09500690801998885>
- Bertram, A., & Loughran, J. (2012). Science Teachers' Views on CoRes and PaP-eRs as a Framework for Articulating and Developing Pedagogical Content Knowledge.

- Research in Science Education*, 42(6), 1027-1047. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9227-4>
- Blosser, P. (1990). The role of the laboratory in science teaching, *Research Matters to the science teacher*, 9001. <https://narst.org/research-matters/laboratory-in-science-teaching>
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 1-39. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19753>
- Bond-Robinson, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 83–103. <https://doi.org/10.1039/B5RP90003D>
- Bradley, M. (1976). The facilities for practical instruction in science during the early years of the Ecole Polytechnique. *Annals of Science*, 33(5), 425-446. <https://doi.org/10.1080/00033797600200621>
- Bretz, S. L. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193–195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00874>
- Briceño Martínez, J. J., & Benarroch Benarroch, A. (2013). Concepciones y creencias sobre ciencia, aprendizaje y enseñanza de profesores universitarios de ciencias. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 8(1), 24-41. <https://doi.org/10.54343/reiec.v8i1.122>
- Brock, W. H. (2017). British School Chemistry Laboratories, 1830–1920. *Ambix*, 64(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/00026980.2017.1285853>
- Byers, W. (2002). Promoting active learning through small group laboratory classes. *University Chemistry Education*, 6, 28-34. <https://edu.rsc.org/download?ac=517130>
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿Una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 39, 8–19.
- Caballero, K., & Bolívar, A. (2015). El profesorado universitario como docente: hacia una identidad profesional que integre docencia e investigación. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 13(1), 57-77. <https://doi.org/10.4995/redu.2015.6446>
- Caccia, M. B. P. (2007). *La integración como propuesta didáctica* (Tesis de maestría, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral). Repositorio Institucional UNL. <http://hdl.handle.net/11185/34>

- Campos, M. M., & Mújica, L. A. (2008). El análisis de contenido: una forma de abordaje metodológico. *Laurus*, 14(27), 129-144. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111892008>
- Candela, A. (2001). Modos de representación y géneros en clases de ciencias. En Construcción del conocimiento escolar y análisis del discurso en el aula. *Investigación en el Aula*, 45, 45-59. <https://doi.org/10.12795/IE.2001.i45.04>
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. En: A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski. (eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*, https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Carmona, G. (2009). *Análisis de las prácticas discursivas en un centro de atención primaria: las interacciones de atención al usuario extranjero*. Tesis doctoral, Facultad de Filosofía y letras, Universidad de Barcelona. <https://www.tdx.cat/handle/10803/4904>
- Castro, A. I., & Padilla, K. (2017). El conocimiento pedagógico del contenido y la enseñanza del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 177-182. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334130>
- Charmaz, K. (2007). *Constructing grounded theory. A practical guide through qualitative analysis*. SAGE.
- Chen, B., & Chen, L. (2021). Examining the Sources of High School Chemistry Teachers' Practical Knowledge of Teaching with Practical Work: From the Teachers' Perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/d0rp00246a>
- Coll, C., & Sánchez, E. (2008). Presentación. El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. *Revista de Educación*, 346, 15-32. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion/numeros-anteriores/2008/re346/re346-01.html>
- Contarini, J. M., Freitas, A. D. S. M. D., Cacuro, T. A., Callegario, L. J., Oliveira, F. J. L., & Waldman, W. R. (2023). An Experiment of Chemistry with Historical Context: 18th-Century Potash Production in Brazil. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 350-354. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00896>
- Cubero Pérez, R., Cubero Pérez, M., Santamaría Santigosa, A., de la Mata Benítez, M. L., Ignacio Carmona, M. J., & Prados Gallardo, M. M., (2008), La educación a

- través de su discurso. Prácticas educativas y construcción discursiva del conocimiento en el aula. *Revista de Educación*, 346, 71-104. <http://hdl.handle.net/11441/31864>
- Cueto, M. (1994). Laboratory Styles in Argentine Physiology. *Isis*, 85, 228–246. <https://doi.org/10.1086/356808>
- D'Angelo, J. G. (2020). Choose your own “labventure”: A click-Through story approach to online laboratories during a global pandemic. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3064–3069. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00715>
- De Jong, O. (2011). La enseñanza para el aprendizaje basado en problemas: El caso de los trabajos prácticos abiertos. *Educación en la química*, 17, 3-14.
- Denzin, N. K. (2009). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315134543>
- Díaz Hernández, D. P. (2011). Una visión sucinta de la enseñanza de la medicina a través de la historia: I. Desde el Antiguo Imperio Egipcio hasta el siglo XVII. *Iatreia*, 24(1), 90–96.
- Domin, D. (1999). A review of laboratory instruction styles, *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- Domínguez Sales, C., Guisasola, J., González-Mendia, O. y Zuazagoitia, D. (2023). Análisis de la comprensión y razonamiento epistémico de los estudiantes sobre los equilibrios de solubilidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(2). <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5764>
- Erduran, S. (2021). Habilidades del siglo XXI en educación en química. Promoviendo el pensamiento crítico sobre el conocimiento y métodos en química. *Educación en la Química*, 27(2), 144–157. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/75>
- Erduran, S., Cullinane, A., & Wooding, S. J. (2019). Assessment of Practical Chemistry in England: An Analysis of Scientific Methods Assessed in High-Stakes Examinations. En: M. Schultz, S. Schmid y G. Lawrie. (Eds). *Research and Practice in Chemistry Education*. Singapur: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6998-8_9
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to

- ‘seeing’ how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(11), 1-13.
<https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x>
- Farré, A. S. (2020a). La enseñanza de la química en la pandemia y en la post-pandemia. *Educación en la química*, 26(2), 122-126.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/78>
- Farré, A. S. (2020b). Actualizaciones sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido. Seminarios del Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. 24 de abril de 2020. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Farré, A. S., & Lorenzo, M. G. (2009a). Another piece of the puzzle: The relationship between beliefs and practice in higher education organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 176–184.
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2009/rp/b908256p>
- Farré, A. S., & Lorenzo, M. G. (2009b). Conocimiento pedagógico del contenido: una definición desde la química. *Educación en la Química*, 15(2), 103-113.
- Farré, A. S., & Lorenzo M. G. (2014a). El escurridizo conocimiento didáctico del contenido: estrategias metodológicas para su documentación. En: A. Garritz, S. Daza, & M. G. Lorenzo (Ed.), *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana*. (pp 35-65), Editorial Académica Española.
- Farré, A. S., & Lorenzo M. G. (2014b). Para no seguir reinventando la rueda: El conocimiento didáctico en uso sobre los compuestos aromáticos. *Educación química*, 25(3), 304-311. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70546-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70546-4)
- Fay, P. J. (1931). The history of chemistry teaching in American high schools. *Journal of Chemical Education*, 8, 1533-1562. <https://doi.org/10.1021/ed008p1533>
- Flick, U. (2012). *Introducción a la Investigación Cualitativa*. Ediciones Morata.
- Fors, H., Principe, L. M., & Sibum, H. O. (2016). From the Library to the Laboratory and Back Again: Experiment as a Tool for Historians of Science. *Ambix*, 63(2), 85–97. <https://doi.org/10.1080/00026980.2016.1213009>
- Franco Moreno, R. A., Velasco Vasquez, M. A., & Riveros Toro, C. M. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)*, (41), 37-56.
<https://doi.org/10.17227/01203916.6031>

- Friedrichsen, P., Van Driel, J. H., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95, 358–376. <https://doi.org/10.1002/sce.20428>
- Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6 (num. Sup.), 1-13. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86309909.pdf>
- García, C., Millán, J., Campos, P. J., & Rubio, A. L. (2018). Una herramienta informática para la coordinación de las prácticas de laboratorio del Grado en Química. *Educación Química*, 29(4), 3-17. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.64773>
- García, P. D. (2019). El método comparativo constante y sus potencialidades para el estudio de políticas educativas para la escuela secundaria en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de Educación Comparada*, 10(15), 27-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7075519>
- García-Belmar, A., Bertomeu Sánchez, J. R., & Bensaude-Vincent, B. (2005). The power of didactic writing: French chemistry textbooks of the nineteenth century. En D. Kaiser (Ed.), *Pedagogy and the Practice of Science: Historical and Contemporary Perspectives*, (pp. 219-253). MIT Press. <https://www.uv.es/bertomeu/pub/Belmar-powerofdidactic-2005.pdf>
- García Franco, A., Martínez Vázquez, A., & Marín Becerra, A. (2020). Los profesores de la Facultad de Química de la UNAM frente al cambio a la educación remota en emergencia. *Educación Química*, número especial. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.5.76878>
- García-Martínez, J. (2021). Chemistry 2030: A Roadmap for a New Decade. *Angewandte Chemie*, 60, 4956-4960. <https://doi.org/10.1002/ange.202014779>
- Garritz, A. (2014). ¿Qué es el CDC? ¿Cuáles son sus elementos fundamentales? En: A. Garritz, S. Daza, & M. G. Lorenzo. (Eds.). *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana*. Editorial Académica Española.
- Garritz, A. Daza, S. y Lorenzo, M. G. (Eds.), (2014), *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana*. Editorial Académica Española.
- Garritz, A., & Velasco, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación Química*, 17, 236-263. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66013>

- Gericke, N., Höglström, P., & Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245-285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. En: J. Gess Newsome y N. G. Lederman (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*, (pp. 3–17). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_1
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. En A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). Routledge Press. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (Eds.) (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Kluwer Academic Publishers.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 41(7), 944-963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- Gibbs, G. R. (2018). *Analyzing qualitative data*. SAGE. <https://doi.org/10.4135/9781526441867>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. En: J. K. Gilbert y D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 1–8). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1
- Giraldo, M. (2011). Abordaje de la Investigación Cualitativa a través de la Teoría Fundamentada en los Datos. *Ingeniería Industrial -Actualidad y Nuevas Tendencias*, 79-86.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *Discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Aldine.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información

- de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.
- Güemes, R. O., & Odetti, H. S. (2024). *Conceptos básicos de Química: articulación escuela secundaria-universidad*. Ediciones UNL.
- Gupta, V. (2001). Aims of laboratory teaching. *CDTL Brief*, 4(1), <http://www.cdtl.nus.edu.sg/brief/v4n1/default.htm>
- Hamud González, I., & Padilla, K. (2023). El CDC de profesores de química de bachillerato sobre los conceptos de elemento, compuesto y mezcla. En: P. Membiola Iglesia & M. I. Cebreiros Iglesias (Comps.), *Expectativas y prácticas docentes en la enseñanza de las ciencias*, (pp. 367-372). Educación Educadora.
- Hernández Millán, G. (2012). Enseñanza experimental. ¿Cómo y para qué? *Educación Química*, 23(núm. extraordinario 1), 92-95. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30139-8](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30139-8)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hernández, F., & Sancho, J. M. (1993). *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. Paidós.
- Herrera-Melin, A. M., Quintanilla Gatica, M. R., Zambrano Abarzua, J., Sepúlveda Pérez, M. B., & Iturra Toledo, M. (2023). Promoción de la práctica discursiva en el profesorado de química en formación. *Educación Química*, 34(4), 135–148. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.85226>
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007), The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105-107. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2007/rp/b7rp90003a>
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Lab work and learning in secondary school chemistry: The importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9131-3>
- Holme, T. A. (2020). Introduction to the Journal of Chemical Education Special Issue on Insights Gained While Teaching Chemistry in the Time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2375 - 2377. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01087>

- Holmes, F. L. (2002). The evolution of Lavoisier's chemical apparatus. En F. L. Holmes & T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, (pp. 103–123). MIT Press.
- Holsti, O. (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Addison Wesley Publishing Company.
- Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (2019). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapur: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- Húmpola, P. D., Odetti, H. S., & Güemes, R. G. (2011). *Compendio de unidades, constantes y tablas*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.
- Hunter, V., Hawkins, I., & Phelps, A. J. (2019). Comparing the influence of visualization type in an electrochemistry laboratory on the student discourse: who do they talk to and what do they say? *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 851–861. <https://doi.org/10.1039/c9rp00064j>
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E., & Garro-Mora, A. L. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26. <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Irazoque, G., López, A., Méndez, N., Pérez, A., & Trinidad, R. (2023). La cinética de los procesos químicos, factor determinante de vida. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 111, 46-53.
- Jackson, P. W. (2002). *Práctica de la Enseñanza*. Amorrurtu.
- Jacob, C. (2001). Analysis and Synthesis. Interdependent Operations in Chemical Language and Practice", *HYLE - International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 7(1), 31-50. <https://www.hyle.org/journal/issues/7/jacob.htm>
- Jensen, W. B. (s.f.). *Three centuries of the chemistry set. Unpublished lectures*. <http://www.che.uc.edu/jensen/W.%20B.%20Jensen/Unpublished%20Lectures/Cchemistry/02.%20Chemistry%20Sets%201'.pdf>
- Jiménez Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359–370. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3914>

- Jiménez Aleixandre, M., Reigosa Castro, C. E., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discourse in the laboratory: quality in argumentative and epistemic operations. En: D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselves, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos, & M. Kallery (Eds.). *Science education research in the knowledge-based society* (pp. 249-257). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-017-0165-5>
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemical education in Europe: Curricula and policies*, 1(1), 9-15. <https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>
- Johnstone, A. H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42-51. <https://edu.rsc.org/download?ac=517126>
- Kelly, G. J. (2007). *Discourse in science classrooms*. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 443-470). Lawrence Erlbaum Associates.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45, 169-204. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>
- Kindsvater, N. M. (2012). Diseño de actividades prácticas en la enseñanza de la química inorgánica (Tesis de maestría, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral). Repositorio Institucional UNL. <http://hdl.handle.net/11185/304>
- Kirschner, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher education*, 17(1), 81-98. <https://doi.org/10.1007/BF00130901>
- Krist, C., & Shim, S.-Y. (2024). Which ideas, when, and why? An experienced teacher's in-the-moment pedagogical reasoning about facilitating student sense-making

- discussions. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(2), 255–288.
<https://doi.org/10.1002/tea.21908>
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Labarca, M. (2009). Acerca de la naturaleza de la química: algunos comentarios. *Educación en la Química*, 15 (2), 89-102.
- Lemke, J. L. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En M. Benlloch (Coord.), *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica* (pp. 159-186). Paidós.
- Levere, T. H. (2002). Measuring gases and measuring goodness: precision and morals in the early chemistry of gases. En F. L. Holmes & T. H. Levere (Eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, (pp. 37–59). MIT Press.
- Levi, P. (2004). *El sistema periódico* (C. Martín Gaite, Trad.). El Aleph Editores. (Trabajo original publicado en 1975).
- Liu, H., Chen, B., Huang, S., Yao, S., Zhao, W., & Li, Z. (2024). Investigating the Representation of Practical Work in Chemistry Classroom Teaching by Focusing on the Diversity of Scientific Methods. *Science & Education*.
<https://doi.org/10.1007/s11191-024-00497-0>
- Lorenzo, M. G. (2008). Destilación fraccionada de ideas condensadas. Una invitación al debate sobre la naturaleza de la química. *Educación en la Química*, 14(1), 17-24.
- Lorenzo, M. G. (2017). Enseñar y aprender ciencias y sobre las ciencias en la universidad. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación y Educadores*, 20(2), 249-263.
<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/6866>
- Lorenzo, M. G. (2018). Los contenidos de ciencias naturales en la enseñanza universitaria: especificidad, abstracción y orientación profesional. *Aula Universitaria*, 19. <https://doi.org/10.14409/au.v0i19.6709>
- Lorenzo, M. G., & Farré A. (2009). El análisis del discurso como metodología para reconstruir el conocimiento didáctico del contenido. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*, 342-345. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/293475>
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting

- professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370–391.
<https://doi.org/10.1002/tea.20007>
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Sense Publishers.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En: J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education*, (pp. 95–132). Kluwer Academic.
https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Manfredi, M. B., & Lorenzo, M. G. (2023). Explicando Química en la universidad: análisis del discurso de un docente de primer año. *Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo entre as ciências*, 12(02), 146-158.
<https://periodicos2.uesb.br/rbba/article/view/16023>
- Margheritis, A. I., Goyeneche, M. A., & Iturralde, M. C. (2019). Análisis de la implementación de un trabajo de laboratorio en relación a las estrategias discursivas en la construcción de significados. *Educación en la Química*, 25(1), 15-29.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/156>
- Martín-García, J., & Dies Álvarez, M. E. (2024). Beyond the walls of formality: the role of non-formal science activities in teachers' professional development. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 52(2), 207–225.
<https://doi.org/10.1080/1359866X.2024.2323924>
- Martins, M., & Justi, R. (2022). Analysis of the relationships between students' argumentation and their views on nature of science. *Learning, Culture and Social Interaction*, 36, 100366. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100366>
- Mellado, V., Blanco, L. J., Borrachero, A. B., & Cárdenas, J. A. (Eds.) (2013). *Las Emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*. DEPROFE.
- Montoya Grisales, N. E., & Arroyave Giraldo, D. I. (2021). Conocimiento didáctico del contenido. Una revisión sistemática exploratoria. *Boletín Redipe*, 10(8), 55-71.
<https://doi.org/10.36260/rbr.v10i8.1384>
- Mengascini, A. S., & Mordegli, C. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria.

- Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 71–89.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.755>
- Morrell, J. B. (1969). Practical Chemistry in the University of Edinburgh, 1799–1843. *Ambix*, 16(1-2), 66–80. <https://doi.org/10.1179/amb.1969.16.1-2.66>
- Mortimer, E. F. y Scott, P. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em ensino de ciências*, 7(3), 283-306.
<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/562>
- Murakami, C. D., & Lehrer, N. (2021). Experiential learning and pedagogical content knowledge in a graduate food studies program. *Food, Culture & Society*, <https://doi.org/10.1080/15528014.2021.1884424>
- Nakhleh, M. Polles, J., & Malina, E. (2002) Learning chemistry in a laboratory environment. En: J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, & D. Treagust. (Eds). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, pp. 47-68, Kluger Academic Publishers.
- Newman, W. R. (2002). Alchemy, assaying, and experiment. En F. L. Holmes & T. H. Levere (Eds.). *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, (pp. 7–20). MIT Press.
- Nilsson, P., & Karlsson, G. (2019). Capturing student teachers’ pedagogical content knowledge (PCK) using CoRes and digital technology. *International Journal of Science Education*, 41(4), 419-447.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1551642>
- Odetti, H. S., Falicoff, C. B., Ortolani, A. E., & Kranewitter, M. C. (2010). Búsqueda de indicadores que permiten analizar la permanencia en el primer año de las carreras de bioquímica y licenciatura en biotecnología de la Universidad Nacional del Litoral. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencia y Tecnología*, 2(1), 13-29.
- Padilla, K., Ponce de León, A. M., Rembado, F. M., & Garritz, A. (2008). Undergraduate Professors’ Pedagogical Content Knowledge: The case of ‘amount of substance’. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
<https://doi.org/10.1080/09500690802187033>
- Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge: PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals.

- Research in Science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Pérez, A. R., & Fernández, A. C. (2018). El laboratorio como herramienta didáctica aplicada al estudio de sistemas dispersos groseros. Clase práctica sobre el magma de hidróxido de magnesio. *Educación Química*, 29(4), 69-78. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.63128>
- Perkins, D. (1995). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Gedisa.
- Pickering, M. (1993). The Teaching Laboratory through History. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 699–700. <https://doi.org/10.1021/ed070p699>
- Porta, L. y Silva, M. (2003). La investigación cualitativa: El Análisis de Contenido en la investigación educativa. *Anuario digital de investigación educativa*, 14, 1-18. <https://revistas.bibdigital.uccor.edu.ar/index.php/adiv/article/view/3301>
- Portillo-Blanco, A., Díez, J. R., Barrutia, O., Garmendia, M. y Guisasola, J. (2022). Diseño y evaluación de una intervención educativa sobre la pandemia de la COVID-19 y las medidas de prevención. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1). <http://hdl.handle.net/10498/26328>
- Prat, M. R., Ballesteros, C., & Lescano, G. M. (2018). “La previa”: una estrategia de aprendizaje en las prácticas de química. *Educación Química*, 29(4), 18-27. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.65213>
- Prato, M. G. (2011). Abordaje de la Investigación Cualitativa a través de la Teoría Fundamentada en los Datos. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 2(6), 79-86.
- Principe, L. M. (2002). Apparatus and reproducibility in alchemy. En F. L. Holmes & T. H. Levere (Eds.). *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, (pp. 61–74). MIT Press.
- Pujol-Cols, T. H., Cutrera, G., & García, M. B. (2024). Escritura de diarios en la formación docente inicial. Una lectura desde interacciones entre dominios del

- Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente. *Educación en la Química*, 30(2), 133–145.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/256>
- Quílez Pardo, J. (2019). A categorization of the terminological sources of student difficulties when learning chemistry. *Studies in Science Education*, 55(2), 121-167.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1694792>
- Quintero, T. (2021). Estudio de las prácticas educativas para la enseñanza de la termodinámica en la universidad. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Quintero, T., & Lorenzo, M. G. (2021). Las experiencias imaginadas en prácticas educativas universitarias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(extra), 533-539.
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35623>
- Ramos Mejía, A. (2018). ¿Cómo producir una experiencia profunda y transformadora en un curso experimental de fisicoquímica? *Educación Química*, 29(2), 62-73.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63708>
- Regonat, M. S., Odetti, H. S., & Sánchez, G. H. (2021). Enseñar química general universitaria en tiempos de emergencia. *Educación en la Química en Línea*, 27 (1), 120-124. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/27>
- Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172-185.
<https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>
- Reigosa Castro, C., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4045>
- Reyes Cárdenas, F. D. M., Cafaggi Lemus, C. E., & Llano Lomas, M. G. (2019). Evaluación y aprendizaje basado en habilidades de pensamiento en un curso de laboratorio de química general. *Educación Química*, 30(3), 79-91.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.69402>
- Rodriguez, J-M. G., & Towns, M. H. (2019). Alternative Use for the Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge: Suggestions for Contextualizing Chemistry Education Research. *Journal of Chemical Education*, 96(9), 1797-1083.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00415>

- Ruiz Carrillo, E., Suárez Castillo, P., Meraz Martínez, S., Sánchez de Tagle, R., & Chávez Castillo, V. (2010). Análisis de la práctica docente en el salón de clase desde la aplicación del instrumento de Estrategias Discursivas (ESTDI). *Revista de la Educación Superior*, 54, 7-18. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602010000200001
- Ruiz Carrillo, E., Suárez Castillo, P., Meraz Martínez, J. S., & Sánchez de Tagle Herrera, R. (2012). Análisis de los intercambios conversacionales durante las prácticas de laboratorio desde un Instrumento de Estrategias Discursivas Participativas (ESTDIPA). *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, 4(1), 67–78. <https://doi.org/10.5460/jbhsi.v4.1.32972>
- Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57-84. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20163>
- Russell, C. B. y Weaver, G. (2008). Student Perceptions of the Purpose and Function of the Laboratory in Science: A Grounded Theory Study. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 2(2), 9. <https://doi.org/10.20429/ijstl.2008.020209>
- Salinas, V., & Pérez, J. (2023). Desafíos de la enseñanza de Química en pandemia covid-19: ventajas y limitaciones. *Revista Innova Educación*, 5(4), 65-82. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.05v.004>
- Sánchez, G. H., Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2017). La práctica docente en el laboratorio universitario y el conocimiento didáctico del contenido de química inorgánica. *Enseñanza de las Ciencias*, (nº extraordinario), 183-190. <https://ddd.uab.cat/record/184694?ln=ca>
- Sánchez, G. H., Quintero, T., & Lorenzo, M. G. (2021). Características de las explicaciones docentes en clases universitarias de química. *Educación Química*, 32(2), 109-119. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76992>
- Schummer, J. (1997). Scientometric studies on chemistry I: The exponential growth of chemical substances, 1800-1995. *Scientometrics*, 39(1), 107-123. <https://doi.org/10.1007/BF02457433>

- Séré, M. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357-368. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3953>
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14. Traducido al español como: Shulman, L. S. (2019). Aquellos que entienden: desarrollo del conocimiento en la enseñanza. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 23(3), 269-295. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.11230>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Traducido al español como: Shulman, L. S. (2005). Conocimiento y enseñanza: Fundamentos de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 1-30. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Shulman, L. S., & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. En R. M. W. Travers (Ed.), *Second handbook of research on teaching* (pp. 1098-1148). Rand McNally.
- Simon, J., & Cuenca-Lorente, M. (2012). Science Education and the Material Culture of the Nineteenth-Century Classroom: Physics and Chemistry in Spanish Secondary Schools. *Science & Education*, 21, 227-244. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9258-7>
- Sjöström, J. y Talanquer, V. (2014). Humanizing chemistry education: From simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125-1131. <https://doi.org/10.1021/ed5000718>
- Sjöström, J., Eilks, I., & Talanquer, V. (2020). Didaktik Models in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 910-915. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01034>
- Smeaton, W. A. (1954). The early history of laboratory instruction in chemistry at the Ecole Polytechnique, Paris, and elsewhere. *Annals of Science*, 10(3), 224-233. <https://doi.org/10.1080/00033795400200224>
- Smeaton, W. A. (1966). The portable chemical laboratories of Guyton de Morveau, Cronstedt and Götting. *Ambix*, 13(2), 84-91. <https://doi.org/10.1179/amb.2013.13.2.003>

- Smylie, M. A. (1989). Teachers' views of the effectiveness of sources of learning to teach. *The Elementary School Journal*, 89, 543–558. <https://doi.org/10.1086/461591>
- Stender, A., Brückmann, M., & Neumann, K. (2017). Transformation of topic-specific professional knowledge into personal pedagogical content knowledge through lesson planning. *International Journal of Science Education*, 39 (12), 1690–1714. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1351645>
- Strauss, A., & Corbin, J. (1991). *Basics of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory*. SAGE.
- Suay-Matallana, I., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2016). François Bienvenu y la popularización científica en la Ilustración: demostraciones experimentales, entretenimiento y públicos de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 167–184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1586>
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemical Education Research and Practice*, 14, 156–168. <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>
- Talanquer, V. (2004). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 60–66. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- Talanquer, V. (2009). Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzamos? *Educación Química*, 20, 220–226. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30056-9](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30056-9)
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet.” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Talanquer, V., Bucat, R., Tasker, R., & Mahaffy, P. G. (2020). Lessons from a Pandemic: Educating for Complexity, Change, Uncertainty, Vulnerability, and Resilience. *Journal of Chemical Education*, 97, 9, 2696–2700. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.0c00627>
- Treagust, D. F., & Tsui, C. Y. (2013). Multiple Representations in Biological Education. En D. F. Treagust y C. Y. Tsui. (Eds.). *Multiple Representations in Biological Education, Series: Models and Modeling in Science Education*. (pp. 3–19). Springer.

- van den Berg, E. (2009). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. En O. de Jong & L. Halim (Eds.), *Teachers' Professional Knowledge in Science and Mathematics Education: Views from Malaysia and Abroad* (pp. 85–110). Universiti Kebangsaan Malaysia.
- van den Berg, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in Educatione*, 4(2), 45-64.
- van Driel, J. H., de Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572-590. <https://doi.org/10.1002/sce.10010>
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing Science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673 - 695. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J)
- Vargas Neira, S. D., & Bernal Ballén, A. (2022). Revisión preliminar de literatura sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido en Trabajos Prácticos con Docentes de Química. *Memorias Sifored - Encuentros Educación UAN*, 5, 169–175. <https://revistas.uan.edu.co/index.php/sifored/article/view/1416>
- Vargas Neira, S. D., Bernal-Ballén, A., Briceño-Martínez, J. J., & Ariza-Bareño, Y. (2024). Design and validation of an instrument to determine the relationship between pedagogical content knowledge and practical work in science instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1), em2382. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13962>
- Vázquez, B., Jiménez, R., & Mellado, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 4(3), 372-393. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3783>
- Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé-López, V. (2017). El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión. *Cadernos de Pesquisa*, 47(164), 586–611. <https://doi.org/10.1590/198053143915>
- Wei, B., & Liu, H. (2018). An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: The PCK perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 452–462. <https://doi.org/10.1039/c7rp00254h>

- Wei, B., Chen, S., & Chen, B. (2019). An Investigation of Sources of Science Teachers' Practical Knowledge of Teaching with Practical Work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(4), 723–738. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9886-y>
- Weininger, S. J. (1998). Contemplating The Finger: Visuality and the Semiotics of Chemistry. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4(1), 3-27. <https://www.hyle.org/journal/issues/4/weinin.htm>
- Werrett, S. (2012). Green is the Colour: St. Petersburg's Chemical Laboratories and Competing Visions of Chemistry in the Eighteenth Century. *Ambix*, 60(2), 122–138. <https://doi.org/10.1179/0002698013z.000000000027>
- Williams, T. I. (2009). *Chemistry at Oxford: a history from 1600 to 2000*. Royal Society of Chemistry.
- Wilson, M. (1998). Pythagorean theory and Dionysian practice: the chemical music of ancient Greece. *Ambix*, 45(2), 73–89. <https://doi.org/10.1179/amb.1998.45.1.14>
- Zabalza Beraza, M. A., & Zabalza Cerdeirina, M. A. (2019). Coreografías didácticas institucionales y calidad de la enseñanza. *Linhas Críticas*, 25, e24586. <https://doi.org/10.26512/lc.v25.2019.24586>
- Zaimi, I., Haas, D. B., Silverstein, M. J., & Shultz, G. V. (2024). A case study on graduate teaching assistants' teacher noticing when enacting a case-comparison activity in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 25, 1268–1288. <https://doi.org/10.1039/D4RP00093E>
- Zorrilla, E., Quiroga, D. P., Morales, L. M., Mazzitelli, C. A., & Maturano, C. I. (2020). Reflexión sobre el trabajo experimental planteado como investigación con docentes de Ciencias Naturales. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31(60), 263-285. <https://doi.org/10.33255/3160/626>