



Tesis de Doctorado

Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

**Estrategia metacognitiva en el aprendizaje de ciencias en la universidad:
el empleo del diagrama en V en los trabajos prácticos de laboratorio de
Microbiología Ambiental**

Anahí Soledad Álvarez

Director: Dr. Ricardo Chrobak

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Comahue

Noviembre, 2018

Tesis para acceder al grado de Doctora en Enseñanza de las Ciencias

Plan de estudios Ordenanza N° 0078/10

**Estrategia metacognitiva en el aprendizaje de ciencias en la universidad:
el empleo del diagrama en V en los trabajos prácticos de laboratorio
de Microbiología Ambiental.**

Diagrama en V,
metacognición, laboratorio y ciencia

RESUMEN

La enseñanza de la ciencia pretende que el alumno comprenda tanto el cuerpo de conocimiento de una disciplina como la producción y validación del mismo. La naturaleza histórica, social y contextual del aprendizaje involucra la interacción de aspectos cognitivos y motivacionales. Aprender a aprender es un proceso metacognitivo que conduce a los alumnos hacia actuaciones más controladas, y el diagrama en V (DV) es una herramienta que ayuda a lograrlo. El objetivo de este trabajo es evaluar el empleo del DV en los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) en una asignatura universitaria y su aporte en el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia. La metodología consistió en: diseñar una propuesta didáctica para la elaboración del DV; analizar sus elementos epistemológicos: pregunta central, eje conceptual (cosmovisión, filosofía, principios, conceptos), objetos/eventos y eje metodológico (registros, transformaciones, afirmaciones de conocimiento y de valor), con una grilla adaptada para otorgar puntaje (variable 1); evaluar el rendimiento en los TPL mediante parciales escritos (variable 2); evaluar la relación entre variables 1 y 2 (coeficiente de correlación de Pearson); indagar las concepciones sobre ciencia (cuestionario validado) y su posible modificación (análisis de la varianza) por el empleo del DV; relevar las percepciones sobre el empleo del DV (encuesta abierta). Los resultados indicaron que los alumnos: elaboraron los DV dominando sus elementos epistemológicos; aprobaron los TPL; no hubo correlación entre las variables 1 y 2; revirtieron significativamente la visión empírico-inductivista de la ciencia ($p = 0,0074$); tuvieron más percepciones positivas que negativas. Se concluye que el empleo del DV ha contribuido en la comprensión de la naturaleza de la ciencia, conduciendo a una interpretación más coherente y comprensiva de la asignatura e integrando sus aspectos conceptuales, actitudinales y epistemológicos.

Palabras clave: trabajo práctico, diagrama en V, aprendizaje, ciencia, Universidad.

ABSTRACT

The purpose of the science education science is for the student to understand both the knowledge of a discipline and its mode of production and validation. The historical, social and contextual nature of learning involves the interaction of cognitive and motivational aspects. Thinking about one's own thinking is a metacognitive process that drives at students to more controlled actions, and the V-diagram is a tool that helps to achieve it. The aim of this work is to evaluate the use of the V-diagram in practical laboratory work in a university courses and its contribution to the learning of the nature of science. The methodology consisted of: designing a didactic proposal for the creation of V-diagram; analysis of the epistemological elements: focus question, conceptual domain (worldview, philosophy, principles, concepts), objects/events and methodological domain (facts and records, transformations, knowledge and value claims) with a grid adapted to give a score (variable 1); evaluate the performance in the practical laboratory work through written partial test (variable 2); evaluate the relationship between variables 1 and 2 (Pearson's correlation coefficient); to investigate the conceptions about science (validated questionnaire) and its possible modification (analysis of variance) by the use of the V-diagram; relieve the perceptions about the use of the V-diagram (open survey). The results indicated that the students: created the V diagrams mastering their epistemological elements; approved the practical laboratory work; there was no correlation between variables 1 and 2; they significantly reversed the empirical-inductivist view of science ($p = 0,0074$); they had more positive than negative perceptions. It is concluded that the use of V-diagram has contributed to the understanding of the nature of science, leading to a more coherent and comprehensible interpretation of the subject and integrating its conceptual, attitudinal and epistemological aspects.

Key words: practical work, V diagram, learning, science, University.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los que me acompañaron a caminar por este sendero. Una tesis es un trabajo en equipo, agradezco a todas y cada una de las personas que hicieron posible este logro. En especial, gracias a...

A la Universidad Nacional del Comahue, por permitirme progresar académicamente.

A Ricardo, por compartir su conocimiento, por acompañarme, dirigirme por los caminos del diagrama en V, con sus sugerencias y aportes desde su gran trayectoria y visión...

A Ana María, gran maestra, gracias por enseñarme la dedicación meticulosa con los alumnos y con la investigación, cuidando de cada detalle. Y por alentarme a seguir avanzando, siempre desde tu confianza. Aprendí muchas cosas a tu lado, y las sigo aprendiendo.

A los alumnos que formaron parte de esta investigación, ya que sin sus aportes esto no podría haber sido posible. Y a alumnos que están, que pasaron y los que vendrán, porque me estimulan a mejorar paso a paso.

A Carlos, mi profesor de natación, que día a día me ayuda a ver que no hay límites... que siempre se puede dar un poquito más.

Y a mi familia... Juan, Mauri, mamá, Gise, Aye y Moni, por comprender los tiempos dedicados a este trabajo, dejando en pausa otros planes, teniéndome una enorme paciencia y mucho amor.

ÍNDICE

RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
AGRADECIMIENTOS	V
PARTE I.....	14
INTRODUCCIÓN	14
CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	28
PARTE II.....	29
ANTECEDENTES Y APORTE DE LAS ESTRATEGIAS METACOGNITIVAS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.....	29
Capítulo 1	31
La construcción del conocimiento	31
1. Teorías del aprendizaje	35
2. Aprendizaje significativo	39
3. Modelos mentales y campos conceptuales	45
Capítulo 2	49
Metacognición y estrategias de aprendizaje	49
1. Aprender lo que aprendemos	50
2. Metacognición en la educación científica.....	53
3. Estrategias de aprendizaje y rendimiento académico	56
Capítulo 3	61
El Diagrama en V	61
1. Un aporte a la metacognición.....	63

2. El diagrama en V en la alfabetización científica	69
3. El rol de las preguntas.....	70
Capítulo 4	74
Enseñanza de las ciencias	74
1. Enseñanza de las ciencias	81
2. Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia.....	85
Capítulo 5	89
Los trabajos prácticos de laboratorio en el aprendizaje de las ciencias	89
1. Los TPL en las clases de ciencias	90
2. El lenguaje en el aprendizaje de las ciencias	103
3. Enseñanza de la Microbiología en la universidad	105
PARTE III	108
INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	108
Capítulo 6	109
Materiales, métodos y procedimientos.....	109
1. Procedimiento de investigación	110
2. Sujetos participantes	122
3. Instrumentos de estudio	123
4. Análisis e interpretación de los resultados.....	129
Capítulo 7	130
Primer estudio. Elaboración de diagramas en V y rendimiento académico	130
1. Objetivos	130
2. Principales resultados	130
3. Discusión y conclusiones del primer estudio	140

Capítulo 8	150
Segundo estudio. Visión de los alumnos sobre la Naturaleza de la Ciencia y elaboración de diagramas en V	150
1. Objetivos	150
2. Principales resultados	151
3. Discusión y conclusiones del segundo estudio	160
PARTE IV	166
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN	166
Los estudios. Aportes a las estrategias de aprendizaje.....	167
Los diagramas en V. Una contribución a la enseñanza de las ciencias	170
Los diseños curriculares. Adaptaciones a necesidades prácticas	173
Conclusiones finales	176
Recomendaciones y rumbos a seguir.....	178
ANEXOS.....	181
Anexo 1: Material didáctico de TPL – Capítulo del Manual.....	181
Anexo 2. Grilla para evaluación de los diagramas en V	185
Anexo 3. Rendimiento académico: Evaluación de Conocimientos	187
Anexo 4. Instrumento de estudio: Concepciones sobre la Ciencia	190
Anexo 5. Encuesta Abierta: Percepciones del empleo del diagrama en V	193
Anexo 6. Ejemplos de diagramas en V analizados	194
Anexo 7. Puntaje de los Diagramas en V analizados	205
Anexo 8. Rendimiento académico en los TPL.....	211
Anexo 9. Índices de concordancia sobre NCC y CVCC	212
LISTA DE REFERENCIAS.....	213

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de correlación entre el rendimiento de los alumnos en la evaluación de cada TPL y su correspondiente diagrama en V	139
Tabla 2. Criterio de puntuación para la evaluación de los elementos epistemológicos de los diagramas en V	185
Tabla 3. Cuestionario para la identificación de concepciones de la Naturaleza del Conocimiento Científico (NCC) y Construcción y Validación del Conocimiento Científico (CVCC)	190
Tabla 4. Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 1 "Microorganismos del aire"	205
Tabla 5. Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 2 "Recuento de bacterias heterótrofas en agua"	206
Tabla 6. Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 3 "Microorganismos indicadores de contaminación fecal"	207
Tabla 7. Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 4 "Pruebas bioquímicas para la identificación de enterobacterias"	208
Tabla 8. Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 5 "Antimicrobianos"	209
Tabla 9. Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 6 "Microorganismos del suelo"	210
Tabla 10. Calificaciones en las instancias evaluativas en los seis TPL	211

Tabla 11. Indices de concordancia de afirmaciones sobre Naturaleza,
Construcción y Validación del Conocimiento Científico correspondientes al
Momento Inicial y Final del cursado 212

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El Diagrama en V como una representación de la estructura del conocimiento con sus elementos epistemológicos.....	64
Figura 2. Diagrama en V “Microorganismos presentes en el yogurt”	68
Figura 3. Conceptos centrales del Diagrama en V “Microorganismos presentes en el yogurt”	69
Figura 4. Mapa conceptual de un modelo instruccional ausubeliano.	111
Figura 5. Modelo de actividades aplicado a cada unidad didáctica abordada.....	116
Figura 6. Ejemplo de Diagrama en V de TPL "Determinación de microorganismos del aire".....	120
Figura 7. Ejemplo de Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua".....	121
Figura 8. Promedio del puntaje obtenido en los diagramas en V de cada alumno.	132
Figura 9. Frecuencia relativa de la obtención de valoración máxima en elemento epistemológico para el total de diagramas en V analizados.	133
Figura 10. Frecuencia relativa de obtención de valoración máxima en los seis TPL.....	134
Figura 11. Puntaje promedio en los diagramas en V en los seis TPL.....	136
Figura 12. Calificación promedio entre los seis TPL por cada alumno.	137

Figura 13. Calificación promedio de todos los alumnos en la evaluación de cada TPL.....	138
Figura 14. Índice promedio de concordancia total, ambos factores "Ciencia 1" y "Ciencia 2", en el Momento Inicial y Final.	153
Figura 15. Índice promedio de concordancia con el factor "Ciencia 1", en el Momento Inicial y Final.	154
Figura 16. Índice promedio de concordancia con el factor "Ciencia 2", en el Momento Inicial y Final.	155
Figura 17. Aspectos positivos percibidos por los alumnos al elaborar diagramas en V.....	157
Figura 18. Porcentaje por categoría de aspectos negativos expresados por los alumnos respecto a la elaboración de diagramas en V.....	158
Figura 19. Diagrama en V de TPL "Microorganismos del aire", elaborado por alumno 1	194
Figura 20. Diagrama en V de TPL "Microorganismos del aire", elaborado por alumno 2.	195
Figura 21. Diagrama en V de TPL "Microorganismos del aire", elaborado por alumno 3	196
Figura 22. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 4.	197

Figura 23. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 5.	198
Figura 24. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 1.	199
Figura 25. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 2.	200
Figura 26. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias en agua", elaborado por alumno 6.	201
Figura 27. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 3.	202
Figura 28. Diagrama en V de TPL "Pruebas bioquímicas para la identificación de enterobacterias", elaborado por alumno 2.	203
Figura 29. Diagrama en V de TPL "Susceptibilidad a antibióticos", elaborado por alumno 4.	204

PARTE I

INTRODUCCIÓN

Miércoles, 9:00 A.M., Laboratorio I, Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Estudiantes con guardapolvo blanco, ubicados alrededor de las mesadas de trabajo. Cuadernos y lápices en mano. Encienden los mecheros. Desinfectan la superficie de trabajo con algodones embebidos en alcohol. Las gradillas con tubos de ensayo. Las placas de Petri contienen los medios de cultivo agarizados. A un lado, las pipetas estériles en los pipeteros. Por el otro, las muestras de suelo. Se escuchan sus conversaciones. Comienza el trabajo...

Son acontecimientos vivenciados semana tras semana de clases. Escenarios en los que se definen mecanismos de intercambio que moldean estilos de enseñanza y de aprendizaje. Arriesgarse a la aventura de acompañar a los alumnos. Sumando y atesorando experiencias. Acompañarlos, atentos a sus miradas curiosas, habilidades inexploradas, sospechas latentes, preguntas dormidas... Un juego... Un aprendizaje...
¿Aprendemos Ciencia?

La Ciencia es el cuerpo de conocimiento respecto al mundo, hechos y fenómenos, naturales y sociales, mediante el cual se intenta explicar y predecir sucesos y brindar soluciones a problemas que acontecen en la Sociedad. La investigación es una herramienta de la Ciencia, es el camino mediante el cual se genera el conocimiento, mediante un proceso sistemático, formulando preguntas, reflexionando, criticando.

Conocimiento, Ciencia, Educación e Investigación son componentes de un proceso estructural del desarrollo de la Sociedad y transformación del Ser Humano. El

conocimiento consiste en la apropiación y generación de un conjunto de ideas de los individuos, el cual permite tomar decisiones y actuar en consecuencia para transformar la Sociedad. Con el objetivo de alcanzar una Sociedad más competitiva se ha desafiado hacia la lógica de planificar, organizar, dirigir y controlar los medios y estrategias de generación del conocimiento, viéndose involucrada la educación y la investigación. Esto está caracterizando el modelo de desarrollo de la actual de la Sociedad del Conocimiento, cuya ventaja reside en la capacidad para adquirir, transmitir y aplicar el conocimiento.

Pero, ¿en qué consiste educar? De acuerdo a lo planteado por Gowin (1981), educar es intervenir en la vida de un Ser Humano para cambiar el significado de su experiencia y contribuir en el desarrollo de su personalidad.

La alfabetización científica debe estar orientada a motivar a los alumnos hacia la generación de conocimiento, enseñando a formular preguntas, indagar, reflexionar, leer, escribir, y a desarrollar pensamiento crítico que promueva la toma de decisiones.

El proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales plantea desafíos que incentivan el interés en su didáctica. Hay líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales que ofrecen potentes ideas para pensar estrategias de enseñanza superadoras. Son relevantes los aportes realizados por autores como: Meinardi, Adúriz, Galagovsky, Izquierdo, Sanmartí, Campanario, Chin, Osborne, Duschl, Osborne y Tsai.

Respecto a la enseñanza de la Ciencia, en la actualidad hay una marcada tendencia en cuestionar la imagen empobrecida de la misma y remover la visión empiropositivista que se presenta en el aula (Adúriz e Izquierdo, 2009).

La enseñanza de la Ciencia debe abordar aspectos conceptuales, procedimentales, actitudinales y epistemológicos, donde el alumno logre descubrirse a sí mismo actuando y desarrollando su creatividad.

En este aspecto, el laboratorio de enseñanza representa un espacio de intercambio comunicativo con intencionalidad manifiesta, en el cual los profesores pueden acercar a los alumnos a la práctica científica. Un contexto didáctico que ofrece una alternativa de acción en la que los alumnos se proponen a alcanzar una meta de aprendizaje. Esto representa un rasgo distintivo de una estrategia de aprendizaje cognitivo de elección personal, que promueve el interés y el compromiso por realizar una actividad, dejando de lado la obediencia a un requisito externo o una acción ejecutada de forma accidental, de la cual se desconoce el objetivo.

El contexto del aprendizaje de los estudiantes ha sido un tema de investigación en el cual los educadores de ciencia han mostrado un interés relativamente mayor entre 2003 y 2012, según lo revelan Lee, Wu y Tsai (2009) y Lin, Lin y Tsai (2013) en sus estudios sobre la tendencia de artículos altamente citados en revistas internacionales de educación científica.

Paolini (2008) mencionó acerca de la tendencia hacia un enfoque situado y experiencial de la investigación educacional en su evolución hacia una consideración más integral de su objeto de estudio. La autora advirtió acerca del marcado interés de los psicólogos educacionales por estudiar los procesos de *aprendizaje en contexto*, enfatizando así la naturaleza social y situada del aprendizaje académico, atendiendo a la interacción entre los aspectos cognitivos y motivacionales implicados en el mismo.

Las perspectivas acerca de la comprensión del contexto de aprendizaje han sufrido ciertas variaciones a lo largo de la historia de la investigación en Psicología Educacional. La idea de contexto como algo independiente que está afuera del sujeto plantea una concepción dicotómica de la relación entre persona y situación, ha ido evolucionando hacia tendencias más integrales que atienden a la complejidad de la persona en situación y al proceso de contextualización como clave para entender la motivación para el aprendizaje. Las perspectivas actuales se focalizan la interdependencia entre sujeto y contexto, entiendo que la motivación y el aprendizaje son procesos importantes que no se desarrollan en el vacío sino situados en un tiempo y un espacio específico (Alexander, 2006).

De acuerdo a ello, el contexto no se limita a las fronteras físicas, a los artefactos materiales de las aulas, ni algo que permanece ajeno al sujeto, sino que se extiende al estudio de variables más complejas como el contexto histórico y cultural en el que se inserta la universidad y se desarrollan los procesos de enseñanza y de aprendizaje. El punto de vista de los modelos contextualistas de motivación y aprendizaje, permite capturar el carácter dinámico que se establece en el complejo sistema de la persona más la situación, donde cada elemento resulta configurado, definido, influido modificado en su interacción con el otro (Rinaudo, 2015).

La Psicología Cognitiva y la Neurociencia han revelado información importante sobre el cerebro y cómo aprenden los individuos, incluida la forma en que procesa, interpreta y almacena la información. Esto representa importantes contribuciones al conocimiento para facilitar la comprensión de procesos cognitivos claves para la enseñanza y aprendizaje, y su consideración desde la transdisciplinariedad (De la

Barrera, 2008), para reconocer que no todos los alumnos aprenden de la misma manera y que el aprendizaje es un proceso donde los alumnos participan activamente en la construcción de su propio aprendizaje en una variedad de situaciones y contextos de aprendizajes (Caine, Caine, McClintic y Kilmek, 2005) y que el desarrollo de las vías neuronales con funciones en el aprendizaje podría estar regulada por factores ambientales (Doetsch y Hen, 2005). Así como entre otros aspectos, los avances en estas ramas de la ciencia, han realizado aportes importantes en la metacognición, y de cómo ésta contribuye que los alumnos sean capaces de actuar con confianza y autoestima en los procesos de aprendizaje.

La influencia y uso de estrategias cognitivas y metacognitivas en el campo de la Didáctica y de la enseñanza de las ciencias es otro tema ampliamente investigado. Esto se refleja en las numerosas publicaciones referidas a la temática, cuyos autores más representativos son Baird y White (1996), Blank (2000), Campanario (2000), Kipnis y Hofstein (2008) y Schraw, Crippen y Hartley (2006).

El diagrama en V fue diseñado por Gowin, en 1984 en la Universidad de Cornell (Estados Unidos) como una técnica metacognitiva para ayudar a los estudiantes a captar el significado del material de estudio. Esta herramienta se basa en un estudio epistemológico de un acontecimiento, constituyendo un método simple y flexible para ayudar a los alumnos a comprender la estructura del conocimiento.

El uso de los diagramas en V en los trabajos prácticos de laboratorio de enseñanza de Ciencias, podrían contribuir a organizar los significados de la producción del conocimiento científico de un modo más coherente y comprensible, conduciendo a los alumnos hacia actuaciones más controladas.

Hay investigaciones que sugieren que muchos estudiantes no tienden a ser proactivos o no tienen capacidad para autorregular estratégicamente su aprendizaje por sí mismo (Zimmerman, 2011).

Las representaciones mentales de profesores y de alumnos respecto a la Ciencia han sido ampliamente investigadas. Sin embargo, son escasos los trabajos que presentan propuestas didácticas para el abordaje de la construcción del conocimiento científico y enseñanza de la Naturaleza de las Ciencias, como aporte para la construcción de los modelos mentales de la ciencia en los alumnos del nivel universitario.

En función de lo recorrido, esta investigación plantea un estudio que va más allá del aprendizaje de conceptos de Microbiología Ambiental, siendo que se focaliza en las actividades que refieren a la práctica científica de esta ciencia. Se pretende que los alumnos proyecten los conceptos adquiridos aplicándolos en las actividades de trabajos prácticos de laboratorio. Se considera que la utilización del diagrama en V resultaría una estrategia metacognitiva para que los alumnos organicen los sucesos y conceptos de la actividad entrecruzado con el proceso de producción del conocimiento científico.

El trabajo tiene como objetivo en primer lugar evaluar el grado de consolidación de los alumnos en el manejo de los elementos epistemológicos de la ciencia durante el aprendizaje de Microbiología Ambiental utilizando el diagrama en V, como herramienta metacognitiva. A partir de ello, se intenta evaluar la relación entre el dominio del diagrama en V y su rendimiento académico. Por otra parte, se plantea establecer el aporte del diagrama en V sobre la visión de los alumnos sobre la Naturaleza de la Ciencia, construcción y validación del conocimiento científico. Por último, se propone analizar la percepción de los alumnos respecto a la estrategia del empleo del diagrama

en V, de modo que sirva para valorar el aporte realizado y mejorar la estrategia de enseñanza de las Ciencias Naturales.

El presente trabajo se estructura en cuatro partes. La primera parte presenta el marco conceptual general del trabajo: introducción del tema a investigar, contexto de la investigación y formulación de los objetivos del estudio. La segunda parte, titulada *Antecedentes y aportes de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias*, se desarrolla el marco teórico de la investigación presentado mediante cinco capítulos. El primer capítulo aborda *La construcción del conocimiento*, con una breve descripción del desarrollo de las *Teorías del Aprendizaje*, *Aprendizaje Significativo* y *Modelos mentales y campos del conocimiento*. En el segundo capítulo, *Metacognición y estrategias de aprendizaje*, se desarrollará en tres secciones: *Aprender lo que aprendemos*, *Metacognición en la educación científica* y *Estrategias de aprendizaje y rendimiento académico*. El tercer capítulo, denominado *El Diagrama en V: UVE epistemológica de Gowin*, se compone de tres secciones: *Un aporte a la metacognición*, *El diagrama en V en la alfabetización científica*, *El rol de las preguntas*. En el capítulo 4, titulado *Enseñanza de las ciencias*, se abordan las principales ideas de la *Enseñanza de las Ciencias* y la *Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia*. Y finalizando esta segunda parte, se presenta el capítulo 5 *Los trabajos prácticos de laboratorio en el aprendizaje de las ciencias*, mediante el abordaje de: *Los TPL en las clases de ciencias*, *El lenguaje en el aprendizaje de las ciencias*, y *Enseñanza de la Microbiología en la universidad*.

La tercera parte de la investigación presenta la *Investigación de Campo*, mediante el desarrollo del Capítulo 6, el cual describe los *Materiales, métodos y procedimientos*

que permitieron el desarrollo de la investigación, para lo cual se describirán los *Procedimiento, Sujetos participantes, Instrumentos de estudio* y metodología para el *Análisis e interpretación de los resultados*. En el Capítulo 7 se describirá el primer estudio: *Elaboración de diagramas en V y rendimiento académico*, y en el Capítulo 8 se describirá el segundo estudio: *La visión de los alumnos sobre la Naturaleza de la Ciencia y la elaboración de los diagramas en V*, con los *Objetivos, Principales resultados, Discusión* y conclusiones correspondientes a cada uno.

Para finalizar, la cuarta parte presenta *Discusión y conclusiones de la investigación*, en la cual se exponen los apartados *Los estudios: Aportes a las estrategias de aprendizaje, Los diagramas en V: una contribución a la enseñanza de las ciencias, Los diseños curriculares: Adaptaciones a necesidades prácticas*, y como cierre *Recomendaciones y rumbos a seguir*. En los apartados finales se encontrarán *Anexos y Listado de Referencias*.

CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Las dificultades de aprendizaje en los procesos de comprensión de nociones científicas evidencian la persistencia de teorías cotidianas, frente a la educación científica formal, donde la argumentación conceptual se sostiene desde una ciencia intuitiva sin que los procesos de enseñanza logren cambios muy significativos en su uso y comprensión (Duschl, 1995; Hodson, 2003; Pozo 1999).

La motivación de la propuesta se relaciona a la necesidad de asumir nuevos desafíos y nuevas formas de trabajar en el aula para enseñar ciencia. Se trata del desafío en la búsqueda de estrategias de enseñanza de la Ciencia con el objetivo de formar profesionales en un escenario que presenta déficit de conocimiento científico existente en la sociedad en general, tal como muestran los resultados de alfabetización científica publicados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2007). La formación de futuros profesionales implica preparar al alumno para un ejercicio laboral, profesional y ciudadano (Harlen, 2002).

Esta investigación se realiza en una asignatura de la Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental, dictada en la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud de la Universidad Nacional del Comahue (Neuquén, Argentina). El Plan de Estudios de esta carrera se compone de 36 asignaturas y un trabajo final de tesis, distribuidas en diez cuatrimestres (cinco años). La asignatura de interés de este estudio es Microbiología Ambiental II, se dicta en el quinto cuatrimestre (tercer año), y corresponde al orden N° 14 en el plan de correlatividades aprobado por la Ordenanza N° 629/10 (Universidad Nacional del Comahue, 2010).

Esta asignatura tiene una duración cuatrimestral (16 semanas), con una carga horaria de 6 horas por semana. En ese tiempo se abordan las clases teóricas, prácticas de laboratorio, actividades de gabinete y seminarios.

La Microbiología Ambiental es una rama de Microbiología, dedicada al estudio de la fisiología, genética, interacciones y funciones de los microorganismos en el ambiente, tanto natural (aire, suelo, agua) como aquellos creados o modificados por el Hombre. Mediante el uso de este conocimiento se logra diagnosticar y mantener la calidad ambiental y contribuir al desarrollo sustentable de la Sociedad Moderna.

Por otra parte, esta ciencia hoy forma parte del escenario científico mundial como un área de estudios fundamental de la Biotecnología, inserta en diversos temas de gran relevancia como la biorremediación, biocatálisis, biocombustibles y control biológico de plagas, entre otros. Se convierte, de esta forma, en una herramienta de importancia en la formación y la actuación en el campo laboral del Licenciado en Saneamiento y Protección Ambiental.

El Programa de Microbiología Ambiental II (Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, 2017) expresa en el marco de su fundamentación:

[...] Con esta asignatura se espera que el estudiante conozca la función de los microorganismos en su ambiente y brindar herramientas para la investigación de las interacciones de los mismos con el ambiente a fin de que puedan contribuir científicamente en el mejoramiento y desarrollo sustentable del planeta, por ejemplo a través de la adopción de medidas correctivas para el ambiente evaluado.
(p.2).

Las unidades del programa incluyen tanto aspectos teóricos como prácticos, los cuales están diseñados en actividades de trabajo práctico de laboratorio. La finalidad de los mismos es analizar características microbiológicas de muestras ambientales de agua, suelo y aire, evaluarlos como indicadores de calidad de tales ambientes y su potencial riesgo para la salud pública, y finalmente establecer criterios que fundamenten los resultados hallados.

Los alumnos acceden a la asignatura con conocimiento de otras áreas de las Ciencias Naturales. Previamente cursan las asignaturas: Biología, Ecología, Microbiología Ambiental I, Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Ambiental, Matemática (I y II) y Física (I y II). Estas asignaturas correspondientes al área de las Ciencias Naturales abarcan el 33 % de las asignaturas del Plan de Estudio de la LSPA. En base a esto se supone la presencia de conocimientos previos que forman un puente con los conceptos a aprender (Chrobak, 1998).

Esto contribuye a la formación para los alcances del campo laboral del egresado que consiste, entre otros, en *“caracterizar el ambiente en sus aspectos físico, químico, biológicos y microbiológicos e interpretar resultados analíticos para evaluar presencia y efecto de los contaminantes”* y *“realizar investigaciones en lo referente a la temática ambiental en el área del saneamiento y la protección del ambiente”*. El desarrollo de estas áreas del conocimiento referido a las Ciencias Naturales y Ciencias Ambientales será una herramienta básica para la intervención del profesional en la protección y/o recuperación de ambientes degradados.

En este estudio Microbiología Ambiental II, será denominada como Microbiología Ambiental para simplificar la redacción y lectura.

La enseñanza de las Ciencias no debe simplificarse a la neta transmisión de conceptos y conocimientos específicos. Para que el alumno adquiriera una interpretación holística de la Ciencia, el docente debe acompañarlo en la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, involucrarlo en la práctica científica y la producción de conocimiento científico. El propósito radica en que el alumno adquiriera habilidades y herramientas que le den autonomía y permitan en el futuro acceder a información de calidad, accediendo mediante fuentes confiables, tener capacidad para interpretar dicha información, abordar investigaciones e inclusive contribuir en la producción de conocimiento científico. Esta formación será clave para brindar mejores soluciones en el campo laboral del LSPA y lograr su alfabetización científica no solo que promueva su actuación como ciudadano responsable sino también su participación en la producción de conocimiento científico.

En la Primera Cumbre Iberoamericana para el Educación Superior, efectuada en 1991, en la ciudad de México, se reconoció que las aspiraciones de desarrollo económico, social, tecnológico y cultural requieren de un impulso decidido a la Educación y la Cultura. Un impulso acompañado de fortalecimiento de la identidad y con bases sólidas para asegurar la inserción adecuada de los países iberoamericanos en un contexto internacional caracterizado por la innovación científica y tecnológica. El Programa Metas 2021 de la Cumbre considera entre sus objetivos: *“Promover la alfabetización científica y estimular en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias y tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica”* (Brunner y Ferrada, 2011).

Respecto a la carrera de grado LSPA, en la que se contextualiza esta investigación, la formación científica del alumno será requerida no sólo para afrontar la

elaboración del trabajo final de tesis sino también en el alcance del egresado, siendo un asunto que debe ser considerado de relevancia a lo largo de la carrera.

Cabe señalar que el plan de estudios de la LSPA contiene la asignatura Metodología de la Investigación Científica, dictada en el sexto cuatrimestre de la carrera, cuyo objetivo es incursionar en procedimientos propios de la Investigación Social aplicados en diversas áreas de intervención ambiental en donde tendrá injerencia el futuro profesional. En el programa analítico de dicha asignatura expresa el objetivo de recuperar y afianzar logros previos, dotando a los alumnos de un anclaje teórico-metodológico amplio. Esto indicaría que el abordaje de la asignatura está acotado a aspectos sociales, presuponiendo que los alumnos traen adquirido conocimiento acerca de la Naturaleza de las Ciencias.

Sería un error admitir que debería recaer en esta asignatura, Metodología de la Investigación Científica, la responsabilidad de la formación científica de los alumnos. Dado que en cada una de las ciencias que se enseñan a lo largo de la carrera debería ir contribuyendo a aumentar el nivel de alfabetización científica de los alumnos. Empero, no existe certeza de que todos los profesores de ciencias abocados a la formación de los LSPA, tengan claridad en este aspecto, por lo tanto es probable que se estén dejando aspectos de la enseñanza de las ciencias sin abordar. Entre ello, aquellos referidos a la epistemología y Naturaleza de la Ciencia, que son aspectos que finalmente irán otorgándole criterio, conocimiento, habilidades y capacidad de discernimiento al futuro profesional.

Esta problemática de carencia de una educación científica holística se manifiesta en las expresiones de los alumnos que ingresan en la asignatura Microbiología

Ambiental. Luego de haber cursado 10 asignaturas del campo de las Ciencias Naturales se muestran dudosos al reflexionar acerca de “¿Qué es la Ciencia?”, “¿Cómo se produce el conocimiento científico?”, “¿Cómo avanza la Ciencia?”, entre otras cuestiones. Esta característica es reiterativa en los grupos de alumnos que se incorporan año tras año a la asignatura.

De este escenario surgen preguntas como: “¿qué responsabilidad tienen los profesores de Ciencia en contribuir en la alfabetización científica?”, “¿Los profesores de Ciencias asumen la alfabetización científica como una meta en cada asignatura?”, “¿Qué indican los programas analíticos sobre la Naturaleza de la Ciencia e Historia de la Ciencia?”, “¿Es válido confiar esta responsabilidad a la asignatura Metodología de la Investigación Científica?” “¿Será posible que mediante la misma los alumnos incorporen los conocimientos de la Naturaleza de la Ciencia?”.

Visto este escenario de carencia de un eje que marque el rumbo hacia la alfabetización científica, evidenciando falta de responsabilidades para afrontar este objetivo, aumenta el compromiso por establecer estrategias de enseñanza de las ciencias que contribuyan a la alfabetización científica. Es de considerar que la planificación académica y de estrategias de enseñanza entre los profesores de ciencias podría potenciar la capacidad de los alumnos respecto a su formación científica.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Este estudio de investigación tiene el objetivo de establecer la utilidad del empleo del Diagrama en V en los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) de Microbiología Ambiental, como estrategia metacognitiva para el aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia y la producción del conocimiento científico en la Universidad.

A fin de lograr su cumplimiento se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Analizar el desarrollo de los elementos epistemológicos de los Diagramas en V elaborados en los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) de Microbiología Ambiental.
- 2.- Relacionar el nivel de desarrollo de los Diagramas en V con las calificaciones obtenidas en las instancias evaluativas de los TPL.
- 3.- Indagar los cambios en las concepciones de los alumnos sobre la Naturaleza del Conocimiento Científico, y Construcción y Validación del Conocimiento Científico por el empleo de Diagramas en V en los TPL.
- 4.- Conocer la apreciación de los alumnos y desafíos afrontados en la elaboración de los diagramas en V en los TPL.

PARTE II

ANTECEDENTES Y APORTE DE LAS ESTRATEGIAS METACOGNITIVAS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Los antecedentes y aportes de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias se desarrollan en cuatro capítulos. En esta sección se abordarán las teorías y los principios esbozados por diferentes autores sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, el diagrama en V en los trabajos prácticos de laboratorio y su aporte como estrategia metacognitiva en la Universidad.

La construcción de conocimientos científicos tiene exigencias metodológicas, epistemológicas y axiológicas a las que es preciso prestar atención, con trabajos prácticos de laboratorio como instrumentos de familiarización de los alumnos con las estrategias de trabajo científico.

A partir de la 1980 ocurrió un despegue en la investigación en didáctica de las ciencias tanto en Europa como en América. Fue acompañado con el surgimiento de numerosas revistas especializadas en aspectos concretos de *Ciencia & Educación* dedicadas a la publicación de investigaciones sobre enseñanza de las ciencias, historia y filosofía de las ciencias, e interacciones cultura-ciencia-tecnología (Aikenhead, 1996; Gil, 1994; Hodson, 2003). Con esta situación se comenzó a cuestionar el objetivo para la formación científica, reclamando la alfabetización respecto de los contenidos de ciencias y los modelos de prácticas educativas (Marco, 2004).

De este modo se refuerza la necesidad desde una perspectiva curricular de plantear nuevas metas e innovar los modos de secuenciar situaciones didácticas. Para

avanzar en los diseños didácticos recurrimos a los nuevos enfoques en alfabetización científica, humanística y Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) (Aikenhead, 1996; Jiménez, 2011; Marco, 2004). Se aspira a fomentar una dimensión cognitiva inserta en el contexto social de prioridad a la formación de ciudadanos críticos, alfabetizados científicamente y con responsabilidad social.

La enseñanza de las ciencias desde esta perspectiva debería apuntar a que el alumno comprenda no solo los conceptos científicos involucrados, sino también en qué manera ese conocimiento es significativo para su vida y para la de sus semejantes. Se debe asistir a los alumnos para que puedan construir sus propias estructuras, organizando la nueva información en una variedad de contextos diferentes y para desarrollar estrategias para la resolución de problemas novedosos.

CAPÍTULO 1

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

La construcción del conocimiento es un proceso. Un proceso activo que ocurre a lo largo de la vida. Este trabajo se fundamenta en la concepción de que el individuo construye su propio conocimiento al tratar de entender el mundo que lo rodea. Esta construcción tiene varias características y está influenciada por otras variables, siendo la más relevante el rol de las experiencias previas ya que determinan la organización de las estructuras mentales.

La construcción del conocimiento es un proceso esencialmente activo. A medida que un individuo va sumando experiencias e información del ambiente, va creando esquemas mentales, modificando los esquemas previos y volviéndolos más complejos. Dado que depende de las experiencias de cada individuo también es considerado un proceso subjetivo, en el cual el componente social y el contexto juegan un papel importante.

El constructivismo es una postura epistemológica que pretende explicar la naturaleza del conocimiento humano, la cual tuvo su mayor desarrollo a mediados del Siglo XX. Los enfoques que convergen en esta corriente provienen de diferentes campos, como la Psicología y la Educación, en el que confluyen teorías que datan de mediados del Siglo XX en adelante, postuladas por Piaget, Vygotsky, Ausubel, Johnson-Laird, Vergnaud, entre otros.

El proceso de construcción del conocimiento es importante a la hora de comprender el fenómeno del aprendizaje, identificando cómo, quién y qué se construye.

Identificar “cómo” se construyen los modelos cognitivos contribuye sobre las

estrategias a desarrollar en los procesos de enseñanza. Saber que “quién” construye es el sujeto, por lo que se considera un sujeto activo que interactúa con el entorno y que modifica sus conocimientos respecto a un conjunto de restricciones tanto externas como internas. Y la identificación de “qué” se construye, está ligado a la validez de los conocimientos que posee y la presencia (o no) del conflicto entre lo que se sabe y lo que se debería saber para comprender la realidad.

Con el objetivo de facilitar una mejor comprensión de los procesos cognitivos y de aprendizaje se estableció una interacción entre un conjunto de teorías. A partir de la Teoría del Aprendizaje Significativo han surgido otras teorías psicológicas que tratan los procesos implicados en la cognición: la teoría de Modelos Mentales y la Teoría de los Campos Conceptuales. La primera surgió como mecanismo para comprender el modo según el cual se interpreta el mundo, mientras que la Teoría de los Campos Conceptuales, originó diversas consideraciones de interés, de carácter psicológico y pedagógico, destacándose su concepción de esquema como representación mental estable que opera en la memoria a largo plazo. La teoría de los Modelos Mentales como forma de analizar las representaciones se ha convertido en la referencia actual. El concepto de modelo es uno de los pilares metateóricos sobre los que se edifican las Ciencias Naturales (Galagovsky y Adúriz, 2011).

Giere (1988) expuso que los modelos teóricos se relacionan sustancialmente con dos elementos: el conjunto heterogéneo de recursos simbólicos y expresivos utilizados para definirlos, y el sistema del cual son modelos, con los cuales mantienen una relación de semejanza. Remarcando que lo especial de los modelos es que están diseñados para que los elementos del modelo se puedan identificar con características del mundo real,

posibilitando el uso de modelos para representar aspectos del mundo. Coincidiendo con Morrison y Morgan (1999) respecto a que los modelos actúan como mediadores entre una teoría y el mundo. Según la visión de Giere (2004), los modelos son las principales herramientas, pero no las únicas, de representación en las ciencias.

Los científicos elaboran modelos teóricos de manera creativa e imaginativa, para conseguir que muestren o sugieran las características transversales de determinadas agrupación de fenómenos. En este sentido, los modelos teóricos son las entidades principales del conocimiento científico, en tanto conecten con fenómenos y permitan pensar en ellos para poder actuar (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Para Giere (1988), la teoría científica puede caracterizarse como una “familia de modelos”, compuesta por entidades que permiten establecer el alcance de la relación entre los modelos y los sistemas reales. Los modelos teóricos de las ciencias articulan los conceptos, lenguaje y las maneras de trabajar de las disciplinas y se consolidan o cambian según sean los problemas a resolver (Izquierdo, 2014).

Oh y Oh (2011), indicaron que el propósito de los modelos es describir, explicar y predecir fenómenos particulares del mundo, como así también sirve como ayuda comunicativa en contextos sociales donde los científicos comparten su conocimiento. Históricamente, los científicos han propuesto diferentes modelos para explicar fenómenos, sometidos a procesos de prueba y adaptaciones desarrollando conocimiento científico.

Una de las características epistémicas del conocimiento científico es que éste es discutible, lo que significa que las ideas científicas pueden cambiar en respuesta a nuevas pruebas o porque un fenómeno se conceptualiza de una manera completamente

diferente (Windschitl, Thompson y Braaten, 2008). El conocimiento científico se ha desarrollado a través de las relaciones complementarias entre los mundos teóricos y empíricos, explicado por Halloun (2004) mediante las “dialécticas empírico-rationales”. Dichas dialécticas siempre comienzan con la construcción de un modelo tentativo seguido por la recopilación de datos empíricos apropiados que se analizarán para probar la validez del modelo y, posteriormente, hacer el juicio apropiado en cuanto a la aceptación, reestructuración o rechazo del modelo. La metodología científica se trata principalmente de hacer, probar y usar modelos conceptuales de patrones en realidades del mundo, con el uso de varias herramientas conceptuales, siguiendo principios y reglas adecuadamente definidas.

Boulter y Gilbert (2000) asumen que, entre otros, los modelos de consenso son aquellos reconocidos como válidos por diferentes grupos sociales después de la discusión y experimentación. En particular, los modelos científicos son aquellos que han ganado la aceptación de una comunidad de científicos siguiendo una prueba experimental formal. Los modelos y la modelización de la comunidad científica son importantes por tres razones: ambos se reconocen explícitamente en la Ciencia y su enseñanza, juegan un rol importante en la Naturaleza de las Ciencias y sus logros, y a través de su asociación con la Tecnología tiene importantes implicancias económicas. Estos modelos juegan roles centrales en las fronteras de la investigación científica.

Oh y Oh (2011) consideran que, en tales situaciones los científicos pueden revisar el modelo existente para mejorar la semejanza con el mundo real o inventar un nuevo modelo para explicar la anomalía. El modelo revisado, o la nueva construcción, a su vez genera nuevas hipótesis que sugieren nuevas observaciones y experimentos sobre el

objetivo. Enfatizando que aunque un modelo científico puede cambiar en base a nuevos conocimientos, o nuevas perspectivas de pruebas conceptuales empíricas, no es presentado como verdad literal. Esto se debe a que un modelo solo necesita reflejar una faceta de un sistema del mundo real con un grado limitado de precisión.

El modelado se considera de suma importancia en la Enseñanza de las Ciencias, ya que ayuda a los estudiantes a construir y desarrollar modelos mentales consistentes y comprender el papel de los modelos científicos en la Ciencia. Por ello, varios autores coinciden que los modelos juegan un rol central en la creación y comprensión de la Ciencia (Schwartz y Lederman, 2005; Danusso, Testa y Vicentini, 2010).

1. Teorías del aprendizaje

El enfoque constructivista en la enseñanza permite comprender las dificultades de los alumnos para aprender y proporciona una guía para desarrollar estrategias de enseñanza y aprendizaje más eficientes.

El enfoque constructivista busca un alumno reflexivo, consciente de sus pensamientos, con un aporte importante en la construcción de su propio conocimiento y capaz de negociar los significados científicos del material de estudio. Entender la ciencia, desde el enfoque constructivista, incluye el compromiso de involucrarse en las estrategias metacognitivas.

El docente constructivista se caracteriza por poseer una mentalidad abierta y dispuesta al cambio, facilitador del aprendizaje, creador de nuevos conocimientos y recurrir a herramientas metacognitivas. Este docente necesita un profundo conocimiento

de los contenidos de la ciencia a transmitir, conocimientos pedagógicos y las interacciones entre ambos.

El constructivismo se basa en que el conocimiento es un proceso de construcción propio del individuo. Esta postura aparta la teoría de la estructura conceptual congénita propuesta por Chomsky (Chomsky, 1980; Chomsky, 1997; Gardner, 1985), y la teoría conductista de Skinner que postula el aprendizaje a partir de mecanismos de condicionamiento, como respuesta a los estímulos existentes en el mundo externo (Skinner, 1975).

Existen diferentes enfoques para la interpretación constructivista en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Las diferencias radican en cuestiones epistemológicas esenciales, como pueden ser: el carácter más o menos externo de la construcción del conocimiento, el carácter social o solitario de dicha construcción, o el grado de disociación entre el individuo y el mundo. De acuerdo al modo de entender al sujeto, al componente socio-contextual y las condiciones que concurren al proceso de construcción, surgen cuatro modelos generales de constructivismo:

- Constructivismo radical, representado principalmente por von Glasersfeld (1995): el conocimiento está en la mente de los individuos, y el sujeto cognoscente no tiene otra alternativa que construir lo que conoce sobre la base de su propia experiencia.
- Constructivismo cognitivo basado en la psicología y epistemología genética de Piaget (Piaget, 1964): la construcción de conocimientos es un proceso individual que tiene lugar en la mente de las personas (proceso interno) que es donde se encuentran almacenadas sus representaciones del mundo, donde la nueva

información se relaciona con las representaciones preexistentes, dando lugar a la revisión, modificación, reorganización y diferenciación de esas representaciones. Este proceso puede ser guiado por la interacción con otras personas, como potenciales generadores de contradicciones que el sujeto se encuentra obligado a superar.

- Constructivismo de orientación socio-cultural planteado en la idea de Vygotsky (Vygotsky, 1978): el individuo construye significados actuando en un entorno estructurado e interactuando con las personas de forma intencional.
- Constructivismo vinculado a construcción social de Berger y Luckmann (2001): ubica al conocimiento dentro del proceso de intercambio social.

La tendencia actual en psicología educativa es intentar integrar entre las posiciones más renovadoras del constructivismo cognitivo y los constructivismos de corte social. Según Salomon (2001) resulta útil considerar los procesos mentales como una propiedad de los individuos que actúan en entornos organizados culturalmente. De esta forma, de acuerdo a Nuthall (2000), es posible vislumbrar cómo el lenguaje y los procesos sociales del aula constituyen las vías a través de las cuales los alumnos adquieren y elaboran el conocimiento.

Consecuentemente, surge un enfoque constructivista emergente. Este enfoque se compone de una perspectiva psicológica proveniente del constructivismo cognitivo, representado por la construcción de conocimiento individual que tiene lugar en la mente de cada alumno. Como también, de una perspectiva social que abarca los procesos colectivos y compartidos que tienen lugar en el aula (Coob y Yakel, 1996).

El enfoque constructivista emergente está asociado al concepto de comunidad de aprendizaje, consistente en aprender a través de la oportunidad de observar y trabajar en colaboración con otras personas, que varían en habilidades y roles, utilizando herramientas comunes en un mismo entorno (Rogoff, 1994). Es un proceso de transformación de la participación en esfuerzos socioculturales compartidos. Este grupo de personas se caracterizan por presentar diferentes habilidades, experiencias y conocimiento pero se disponen a una colaboración mutua efectuando actividades auténticas y relevantes. El resultado de este proceso es la construcción de individuos socialmente competentes (Coob y Yakel, 1996).

En las prácticas educativas, la actividad de construcción del conocimiento del alumno debe ser compatible con lo que representan los contenidos como saberes culturales ya establecidos, a fin de que le puedan otorgar sentido. El rol del profesor en esta actividad consiste en facilitar el andamiaje más adecuado entre la capacidad constructiva del alumno y el significado sociocultural que representan los contenidos a aprender.

En tanto, el alumno tiene que cumplir con determinadas condiciones para favorecer el proceso de construcción de su conocimiento, un proceso de acomodamiento y reorganización de conceptos centrales. El conocimiento no es recibido en forma pasiva, sino que el alumno asume un rol activo, en el que estando frente a la existencia de insatisfacción con los conceptos existentes actúa para construir explicaciones viables sobre las experiencias. Para ello, el nuevo conjunto de conceptos debe ser entendible, plausible y consistente para que el alumno pueda proceder a modificar o abandonar sus

conocimientos previos. Este proceso de construcción de significados está siempre influenciado por el entorno social del cual el individuo forma parte.

Estas características conllevan importantes implicancias al momento al adoptarlas en la educación, las cuales serán detalladas en el desarrollo de la teoría del aprendizaje significativo. En conclusión, el constructivismo explica el proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente. En este proceso la mente construye progresivamente modelos explicativos, cada vez más complejos y potentes, que conllevan a conocer la realidad a través de los modelos contruidos *ad hoc* para explicarla.

2. Aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje propuesta por Ausubel concentra su atención en los conceptos y en el aprendizaje proposicional como base sobre la que los individuos constituyen sus propios significados (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978). El elemento principal de esta teoría es el aprendizaje significativo, consistente en el mecanismo de “adquisición” de nueva información para cualquier campo del conocimiento relevantes en la estructura cognitiva del individuo.

Para que el aprendizaje sea considerado significativo el material de estudio debe ser relacionable sustancialmente con las ideas pertinentes de la estructura cognitiva de quien aprende, y no de forma arbitraria. Ausubel (2002) indica que es importante reconocer que el aprendizaje significativo no supone que la nueva información forme una especie de vínculo simple con elementos preexistentes de la estructura cognitiva.

Esto sólo se produce en el aprendizaje memorista, cuyo vínculo es simple, arbitrario y no sustancial con la misma.

En el aprendizaje significativo, el mismo proceso de adquirir información produce una modificación tanto de la información recibida como del aspecto específicamente pertinente de la estructura cognitiva con el que se vincula la nueva información. El término “adquisición” tiene el significado de “apoderarse”, de la manera más eficaz posible, de nuevos significados (conocimientos) que antes no se comprendían o eran inexistentes (Ausubel, 2002).

Quien aprende pone de manifiesto la forma en la que interaccionan los elementos involucrados en el proceso de formación de significados, siendo un proceso dinámico, evolutivo, pero no definitivo ni arbitrario (Chrobak y Prieto, 2010).

Ausubel (1968) afirmó que los conceptos constituyen un aspecto importante de la teoría de la asimilación. El proceso fundamental del aprendizaje es la incorporación de nuevos conceptos y proposiciones a la estructura cognoscitiva. Este proceso es denominado como *subsumption*, y los conceptos preexistentes se denominan conceptos *inclusores*, ideas de *anclaje* o *subsumers*, considerando que la estructura cognoscitiva, por naturaleza, está organizada jerárquicamente. La comprensión y la resolución significativa de problemas dependen de la disponibilidad de conceptos supraordinados y de conceptos subordinados en la mente del que aprende. El concepto de *anclaje* expresa una conexión en el tiempo con las ideas preexistentes (Ausubel, 2002).

La eficacia del aprendizaje significativo puede atribuirse a dos aspectos: la intencionalidad y la sustancialidad de relacionar la tarea de aprendizaje con la estructura cognoscitiva (Ausubel, 1968). En primer lugar, al relacionar intencionalmente la nueva

información a las ideas establecidas de su estructura cognoscitiva, el alumno es capaz de explorar con plena eficacia los conocimientos que posee a manera de matriz ideática y organizadora para incorporar, entender, fijar ideas nuevas. Las nuevas ideas, que se convierten en significativas, expandirán a su vez la base matriz del aprendizaje.

En segundo lugar, la naturaleza sustantiva de relacionar e incorporar las nuevas ideas a la estructura cognitiva salva las limitaciones impuestas por la brevedad y el recuerdo mecánico en el procesamiento y almacenamiento de la información. Recurrir a la fragmentación y re-codificación de una nueva idea que se pretende asimilar a la estructura cognoscitiva, representa una forma de compensar las limitaciones del cerebro humano para procesar y almacenar información (Miller, 1956).

En un evento educativo exitoso, el alumno y el docente deben compartir significados, sentimientos y acciones conducentes a un nuevo significado de experiencias. Compartir significados es lo que hace que el evento educativo sea posible. El objetivo de la educación es producir un cambio y compartir significados entre individuos es lo que hace que el evento sea posible. Chrobak (2010) remarca este aspecto, indicando que existen otros tres elementos que interactúan para que el evento educativo sea posible. Ellos son: la materia de estudio, la evaluación y el contexto social en el cual se lleva a cabo.

Bajo esta cosmovisión, enseñar ciencias es mucho más que distribuir información. Los alumnos necesitan relacionar los conceptos de la ciencia con sus propios conceptos, acciones y experiencias previas. El significado debe ser “construido” por el alumno que aprende, ya que es él quien debe poner de manifiesto en qué forma interaccionan los elementos involucrados en el proceso de formación de significados. Por otra parte, estas

construcciones no son definitivas, sino que forman parte de un proceso de transformación esencialmente dinámico y evolutivo (Chrobak, 2010).

Ausubel (1968) manifestó que para que ocurra el aprendizaje significativo se deben cumplir ciertos requisitos, y frente a la falla de alguno de ellos el aprendizaje se verá afectado. En primer lugar el material a ser aprendido debe tener sentido, siendo potencialmente significativo. Como segundo requisito, quien aprende debe poseer conceptos y proposiciones relevantes en su estructura cognoscitiva que sean capaces de actuar como “base de anclaje” para las nuevas ideas a ser asimiladas. Y por último, el sujeto debe elegir relacionar intencionalmente el material potencialmente significativo en forma no arbitraria y sustantiva con la estructura cognoscitiva que ya posee (Chrobak, 2010).

Las implicancias de estos requisitos necesarios para que ocurra el aprendizaje significativo deben considerarse al momento al adoptarlas en la educación. El proceso de aprendizaje consiste en una construcción activa de nuevos conocimientos sobre la base de las concepciones previas. Esto significa que el conocimiento previo es la estructura que funciona como sitio de andamiaje para la construcción de nuevo conocimiento. Con lo cual, podría consistir en un serio impedimento para el aprendizaje que las concepciones previas se encuentren en contraste con las concepciones científicas a ser aprendidas. Al respecto, Ausubel (2002) plantea que no deben pasarse por alto las limitaciones y las influencias negativas ejercidas por las pertinencias ilusorias, los conceptos erróneos, los sesgos subjetivos, las orientaciones motivacionales para aprender, los estilos cognitivos y los rasgos de personalidad que intervienen involuntariamente a lo largo del proceso constructivo.

Otra de las implicancias es que la construcción de conocimiento debe ser tentativa, el nuevo conocimiento debe tomarse como hipotético, pudiendo sufrir cambios a medida que surjan evidencias que así lo indiquen (Chrobak, 2010). Este carácter tentativo es de fundamental importancia, ya que se allí se deriva la hipótesis que niega la existencia de la verdad última e irrefutable para esta clase de conocimientos (Glaserfeld, 1998). Por último, los nuevos conocimientos a construir deben ser viables. Esto implica que deben ser útiles para el individuo, favorezca su interacción y entendimiento con los demás individuos de la sociedad. Resulta fundamental que la construcción sea social, ya que cada individuo tiene que construir sus conocimientos por sí mismo, sin embargo este proceso no puede desprenderse de un fuerte componente social (Chrobak, 2010; Vygotsky, 1978).

Los estudios relacionados con la adquisición de conocimientos, sus limitaciones ocasionadas por las concepciones previas, la estabilidad, coherencia y consistencia de las construcciones conceptuales cotidianas respecto a las científicas, los cuales resultaron importantes para el desarrollo de investigaciones en Didáctica de las Ciencias.

En los mismos se ha planteado que los alumnos poseen teorías personales implícitas, concepciones alternativas o espontáneas, que representan un factor para el aprendizaje de las teorías científicas (Driver, 1973; Pozo, Pérez, Sanz y Limón, 1992; Viennot, 1979). En este aspecto confirma lo expresado en la teoría del aprendizaje significativo, sobre el conocimiento previo como factor influyente en el aprendizaje (Ausubel, 1968). Más allá de esto, los estudios realizados al respecto buscaron respuesta a cuestiones relacionadas a: la interacción entre el conocimiento previo y un nuevo

conocimiento, aparentemente incompatible, la persistencia del conocimiento previo y la funcionalidad del conflicto cognitivo. Entre ellos surgió la propuesta de George Posner, y sus colaboradores, proponiendo el modelo de Cambio Conceptual.

Según el modelo de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), hay condiciones para el cambio conceptual cuando existe insatisfacción con la concepción previa y cuando el individuo se encuentra con una nueva concepción, científicamente aceptada, que es inteligible, plausible y que posee potencial de ser extendida a otras áreas y abrir nuevas posibilidades. El cambio conceptual que sugiere el reemplazo de una concepción por otra en la estructura cognitiva del individuo que aprende.

Sin embargo, desde la perspectiva del aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1978) las concepciones que el individuo posee como parte de su estructura cognitiva, aprendidas de un modo significativo, son concepciones resistentes al cambio. Moreira y Greca (2003) consideran que es una ilusión pensar que un conflicto cognitivo o una nueva concepción inteligible, plausible y fructífera conducirá al reemplazo de una concepción significativas ya existente.

Contrario al modelo de cambio conceptual, el aprendizaje consiste en una sucesión estratégica de cambios en términos de un proceso de asimilación significativa. Estos cambios consisten en agregar paulatinamente nuevos significados a las concepciones ya existentes, sin reemplazo de modo abrupto, promoviendo una concepción más elaborada en términos de significados agregados a ellas. En otras palabras, la asimilación de una nueva idea consiste en una evolución de las concepciones existentes sin perder su identidad, hacia concepciones más estables, ricas, diferenciadas y elaboradas.

Por ello, existen numerosas investigaciones con críticas recurrentes a la postura del cambio conceptual, sosteniendo que el cambio conceptual no puede ocurrir en la mente de los alumnos (Marín, 1999; Mortimer, 1995).

3. Modelos mentales y campos conceptuales

El avance de la Psicología Cognitiva, la Didáctica de las Ciencias y el desarrollo de teorías, han contribuido en mejorar la comprensión de los procesos de construcción y evolución del aprendizaje.

Entre ellas, la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (1983) y la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1983), conjuntamente ofrecen un marco de referencia que apoya consistentemente los presupuestos, principios, condiciones y características expresadas por Ausubel (1968) en la Teoría del Aprendizaje Significativo.

Johnson-Laird (1983) ha planteado que ante la imposibilidad de aprehender el mundo directamente, la mente construye representaciones internas que actúan como intermediarias entre el individuo y su mundo, posibilitando su comprensión y su actuación sobre él. Esta teoría de los Modelos Mentales, establece que la mente humana opera con modelos mentales como piezas cognitivas que “re-presentan” los objetos y/o las situaciones, captando sus elementos y atributos más característicos. Con el constructo “modelo mental” Johnson-Laird postula una representación integradora. Las representaciones proposicionales son cadenas de símbolos que corresponden al lenguaje natural. Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo y las imágenes son modelos vistos desde un determinado puntos de vista.

Vergnaud (1983) postuló una teoría psicológica cognitiva que se ocupa del estudio del desarrollo y del aprendizaje de conceptos y competencias complejas, que permite explicar el modo en el que se genera el conocimiento, tanto los saberes que se expresan como los procedimientos, o sea, el saber decir y el saber hacer. En la Teoría de los Campos Conceptuales, Vergnaud sostiene que el sujeto aprehende por un proceso de integración adaptativa de las situaciones que vive a sus estructuras cognitivas. Los conceptos se construyen y operan en el conocimiento humano en función de las situaciones a las que el sujeto se enfrenta, y en ese proceso entran en juego procedimientos, concepciones y representaciones simbólicas, con el objeto de dominar esas situaciones. Vergnaud (1996) pone el acento en el sujeto en situación, su forma de organizar la conducta y su modo de conceptuar, considerando un campo conceptual como un conjunto de situaciones en las que el sujeto maneja, analiza y le da tratamiento a una variedad de conceptos, procedimientos y representaciones interconectadas en estrecha conexión.

En este marco, Moreira y Greca (2003), sugieren que el conocimiento-en-acción del sujeto, contenido en sus esquemas de asimilación, participa efectivamente en la formación de los modelos mentales de una nueva situación a partir del cual el sujeto puede realizar inferencias, dar explicaciones, hacer predicciones, actuar sobre el mundo. De las posibles coincidencias entre las inferencias resultantes del modelo mental y los acontecimientos del mundo, los modelos mentales pueden ser modificados recursivamente.

Desde esta perspectiva conjunta, desarrollar conocimientos es una paulatina construcción de representaciones mentales que dan cuenta de la realidad, la cual se

termina conceptuando a través de esquemas (Rodríguez y Moreira, 2002). En tanto, las representaciones externas son aquellas compartida por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee. Dicha representación la constituyen los modelos conceptuales, pudiendo materializarse en formulaciones matemáticas, verbales o pictóricas, de analogías o de artefactos materiales (Moreira, Greca y Rodríguez, 2002).

Los modelos y la modelización juegan un rol clave en la Ciencias y su interacción con la Tecnología, en consecuencia también adquiere relevancia en la educación científica. Son varios los investigadores que reconocen la importancia y necesidad del enfoque basado en modelos para la enseñanza de las ciencias (Adúriz e Izquierdo, 2009; Boulter y Gilbert, 2000; Chrobak, 2010; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, 2000; Izquierdo, 2014; Moreira et al., 2002; Oh y Oh, 2011). Sus estudios abordan la intervención, innovación e investigación en la Didáctica de las Ciencias basada en modelos, señalando los valores de los modelos y la modelización para la educación científica.

En el proceso de enseñanza, el objetivo desde el punto de vista cognitivo, sería que el docente a través de modelos conceptuales promueva que los alumnos logren construir modelos mentales que le permitan dar significados científicamente aceptados a esos modelos conceptuales que deben tener correspondencia con los sistemas modelados. La función del modelo mental es sólo la de permitir a su constructor dar significado al modelo conceptual que se le enseña, y por ende al sistema modelado. La idea básica que plantean Moreira et al. (2002) es que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza, pero el instrumento de aprendizaje es el modelo mental.

En conclusión, en marco de la teoría de Johnson-Laird, los alumnos construyen modelos mentales para dar significado a los fenómenos del mundo. Si la finalidad de la enseñanza es que los alumnos construyan modelos mentales que generen esquemas de asimilación adecuados científicamente, los docentes deben desarrollar un diseño curricular y materiales de estudio que ofrezcan modelos conceptuales adecuados para lograr el objetivo.

Comprende un desafío para la Didáctica de las Ciencias el aporte de herramientas que contribuyan a que los alumnos construyan modelos mentales que les permitan aprender de manera significativa los modelos conceptuales de las Ciencias.

CAPÍTULO 2

METACOGNICIÓN Y ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

La metacognición es la capacidad de cada Ser Humano de reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje y conocimiento (Flavell, 1971).

El componente cognitivo son los procesos de pensamiento que se emplean para hacer el trabajo concreto del pensamiento. El componente metacognitivo incluye la conciencia de los factores que afectan el pensamiento y el control que se tiene sobre esos factores. La metacognición es el ejecutivo que tiene control sobre la cognición, el trabajador, cuyas herramientas son estrategias.

Las eficiencias de las intervenciones centradas en el alumno se basan en la disponibilidad de los buenos recursos de aprendizaje, suponiendo que los alumnos saben cómo seleccionar y usar sabiamente tales recursos (Chen, Chavez, Ong y Gunderson, 2017).

Se ha demostrado que el uso efectivo de la regulación del autoconocimiento metacognitivo, que involucra los procesos mentales proactivos y tácitos, hacia objetivos claros, predice un mejor aprendizaje, motivación y rendimiento académico de los estudiantes (Pintrich y De Groot, 1990).

La metacognición es una de las áreas de investigación que más ha contribuido a la configuración de las nuevas concepciones del aprendizaje. La conciencia y regulación que ejerce el individuo sobre su propio aprendizaje ha tomado un rol destacado (Glaser, 1994).

Bajo este enfoque, el alumno se involucrará en términos cognitivos y emocionales, en su modo de percibir el mundo.

1. Aprender lo que aprendemos

El conocimiento relativo que posee un individuo acerca de sus modos personales de aprender y de conocer, y las habilidades involucradas en autorregular sus procesos de aprendizaje es un tipo particular de conocimiento desarrollado mediante un fenómeno cognitivo denominado metacognición (Baker y Brown, 1984).

El término originalmente introducido por John Flavell a inicios de 1970 (Flavell, 1971), aunque los procesos metacognitivos han sido reconocidos y defendidos por psicólogos educativos mucho antes de la aparición de dicho término. John Locke (1924) empleó el término “reflexión” para referirse a la percepción del estado de la mente propia. Seguido por Vygotsky (1978), quien daba cuenta de que el control reflexivo consciente y el dominio deliberado fueron factores esenciales en el aprendizaje escolar. La importancia del concepto de la abstracción reflejada para la inteligencia humana fue discutida más tarde por Piaget (1976), quien señaló la necesidad de hacer que las cogniciones sean estables y estén disponibles para la conciencia, momento en el cual pueden ser trabajadas y extendidas (Campioni, 1987). A su vez, el trabajo de Piaget ha tenido un profundo impacto en los escritos de Flavell y el desarrollo de su noción de metacognición.

Uno de los objetivos de la enseñanza es el aprendizaje significativo, mediante el cual el alumno será capaz de aplicar lo que ha aprendido en un nuevo contexto (Kuhn, 1999). Durante el aprendizaje significativo el alumno desarrolla la capacidad para

controlar el proceso de resolución de problemas y el rendimiento de sus tareas de aprendizaje. Este control está relacionado con la conciencia del alumno sobre las acciones cognitivas involucradas durante la realización de la tarea. Muchos investigadores sugirieron que los procesos metacognitivos tienen un impacto potencialmente positivo en el aprendizaje significativo (Baird y White, 1996; Davidowitz y Rollnick, 2003).

Paris y Winograd (1990) identificaron dos características en la metacognición: autoevaluación y autorregulación. La autoevaluación comprende reflexiones sobre la comprensión, habilidades y estados afectivos en el proceso de aprendizaje, mientras que la autorregulación se refiere a los procesos mentales que ayudan a organizar aspectos de la resolución de problema.

La metacognición requiere de autoevaluación, una acción de juicio, que es esencial para comparar y evaluar el contenido o los procesos de aprendizaje. Esta retroalimentación reflexiva cargada de juicio permitirá más adelante al alumno tomar medidas orientadas para rectificar la situación, lo que representaría una autorregulación. Claramente, tal comportamiento demuestra que ser crítico es la principal característica para llevar adelante la metacognición.

El desarrollo de la capacidad de autorregular el aprendizaje depende en cierta medida de cómo se oriente el trabajo en el aula y, en general, del entorno de aprendizaje. Esto implica saber *qué* se quiere conseguir y saber *cómo* se lo consigue (Chrobak y Prieto, 2010).

Borkowski y Muthukrishna (1992) han argumentado que la teoría metacognitiva tiene un gran potencial para ayudar a los profesores para construir entornos de clases que se centren en estrategias de aprendizajes flexibles y creativas.

La autoevaluación requiere un esfuerzo con fuerte apoyo afectivo, ya que el estudiante debe sentirse cómodo con la idea de identificar, reconocer y reportar sus errores. Por lo tanto, se deben promover ambientes de clase que animen a los alumnos a demostrar ese compromiso y a asumir la responsabilidad frente a su aprendizaje.

El énfasis en la enseñanza de las habilidades generales de pensamiento fue una característica predominante de los sistemas educativos occidentales. La metacognición es una habilidad mental que implica una gran carga de pensamiento. Las habilidades metacognitivas son habilidades de pensamiento que requieren estímulos apropiados para su desarrollo gradual.

Demostrando coexistencia e intentando diferenciar cognición de metacognición, Weinert (1987) estableció que la metacognición es una cognición de segundo orden: pensamiento sobre pensamiento, conocimiento sobre conocimiento, reflexión sobre acciones. En correlación a esto, Flavell (1971) sugirió que las estrategias cognitivas posibilitan el aprendizaje y la finalización de las tareas, mientras que las estrategias metacognitivas monitorean el proceso.

Entre las herramientas metacognitivas que facilitan el aprendizaje significativo se encuentran: mapa conceptual, mapa mental, mapa semántico, cuadro sinóptico, portafolio virtual, la entrevista clínica y el diagrama en V. Esta última representa el foco de estudio del presente trabajo, utilizada como ayuda para resolver un problema o comprender un procedimiento. Su dinámica de empleo y rol metacognitivo radica en el

análisis de cada uno de sus elementos epistemológicos, que ocupan espacio de la estructura cognitiva, pudiendo de esta forma reflejar las posibles relaciones que no estén bien establecidas con la posibilidad de ser reestructuradas (Chrobak, 2010).

2. Metacognición en la educación científica

Considerando la dinámica de la Sociedad actual, el mundo tecnológico y los avances de la Ciencia en constante cambio, es imposible que los alumnos adquieran todo el conocimiento existente como así también es difícil imaginar qué conocimiento será esencial para el futuro (Georghiadis, 2004). Por lo tanto, es clave el desarrollo de habilidades metacognitivas que permitan al alumno estudiar cualquier conocimiento en el futuro de acuerdo a sus necesidades.

La metacognición está considerada como un componente importante en el aprendizaje de las ciencias. De acuerdo a Fourez (2005), uno de los objetivos de la educación científica es la formación de alumnos autónomos e independientes. El aprendizaje autónomo eficiente requiere que el alumno sea consciente y controle su conocimiento, como así también las opciones que posee para expandirlo. Esto significa, que el alumno debe desarrollar habilidades metacognitivas para el aprendizaje.

La noción de metacognición es en gran medida desconocida para la ciencia del profesor promedio. Aquellos que están familiarizados con la noción no tienen los recursos para facilitar la implementación de la metacognición en su enseñanza, o no tienen la autoridad para hacer tales cambios en el currículo y el tiempo asignación para acomodar la metacognición en su enseñanza. El estado actual de la literatura sobre metacognición ya ha dado signos de una brecha emergente entre teoría y práctica, que

comprende una extensa elaboración académica sobre los mecanismos de pensamiento metacognitivo e intentos infructuosos de llevar esto a las aulas (Georghiades, 2004).

Gran parte de la investigación que aparece en revistas científicas sobre educación en la última década del Siglo XX se ha enfocado en dos grandes áreas: cambio curricular en la educación científica y el uso de múltiples estrategias de enseñanza para mejorar el aprendizaje (Hurd, 2002; Kelly y Anderson, 2000). Existe un fuerte consenso entre los profesores de ciencia que los enfoques múltiples para el aprendizaje son necesarios para mejorar el rendimiento general de la ciencia (Anderson y Hogan, 2000). El aprendizaje efectivo en ciencias debe aumentar el aprendizaje de conceptos, como también debe ayudar a que los estudiantes desarrollen habilidades de aprendizaje metacognitivas de por vida, necesarias para tener éxito en niveles más altos de la ciencia, y para reconstruir sus conocimientos conceptuales y estrategias de procedimiento cuando sea necesario. De esta manera, una enseñanza efectiva debería ayudar a los estudiantes a tomar conciencia de las creencias que sostienen sobre la ciencia que afecta en el aprendizaje, para lo cual los profesores deberían adecuar sus decisiones curriculares y pedagógicas (Schraw et al., 2006).

El aprendizaje basado en la investigación es considerado por muchos como el sello distintivo de enseñanza de las ciencias. La investigación científica es el proceso general de proponer hipótesis sobre el mundo y probarlos de manera sistemática. El aprendizaje de la indagación es el proceso de involucrarse en el aprendizaje en el que los alumnos plantean preguntas y construyen soluciones. Es decir, construyen la comprensión conceptual como el objetivo de la experiencia de aprendizaje (Gunstone y Mitchell, 1998).

La enseñanza de la indagación se refiere a la creación de un entorno de aprendizaje en el cual los estudiantes pueden usar un enfoque orientado al proceso para plantear preguntas, construir soluciones y resultados de pruebas. La enseñanza de la indagación promueve la autorregulación en dos caminos. Una es estimular la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias de aprendizaje cognitivo y estrategias metacognitivas para controlar su comprensión. Y otro es ayudarlos a aumentar la motivación para tener éxito en la ciencia mediante el uso de modelos, pero especialmente modelar estrategias de investigación activa tales como preguntar, predecir, observar y explicar (Chin y Brown, 2002; Windschitl, 2002).

No todo el aprendizaje de ciencias en el aula se basa en la investigación, y respecto a esta no todas las experiencias son de investigación auténtica. Chinn y Malhorta (2002) expresaron que las actividades de investigación auténticas se caracterizan por la variedad de dimensiones cognitivas y epistemológicas importantes. Entre estas variables se describen: la generación de preguntas de investigación, la selección de variables, el uso de controles experimentales, conocer y resistir posibles sesgos interpretativos, el análisis e interpretación de los hallazgos dentro de un marco teórico coherente y una descripción detallada de los mecanismos que causan cambio. En contraposición a esto se encuentran las investigaciones simples que incluyen preguntas de investigación proporcionadas a los alumnos en lugar de ser generadas por ellos mismos, falta de control experimental, ausencia de protección contra el sesgo, construcción de argumentos simples y conclusiones que no investigan ni validan un marco teórico coherente.

La investigación auténtica requiere años de práctica y no es alcanzable en la mayoría de las aulas de ciencias a corto plazo (Bell y Linn, 2002). Los docentes deben proponer actividades que faciliten la participación activa de los alumnos en su aprendizaje y los estimule hacia un pensamiento reflexivo, esenciales en la comprensión metacognitiva y la autorregulación del aprendizaje (Anderson, 2002).

Actividades como construir hipótesis, trabajar en colaboración para probar dichas hipótesis e interpretar hallazgos, explicar verbalmente o por escrito las estrategias de resolución de problemas utilizadas, dependen de varios procesos metacognitivos que incluyen la planificación, el monitoreo, la reflexión y la autoevaluación del aprendizaje (Baird y White, 1996; Davis, 2003).

La inclusión de la investigación en el currículum puede beneficiar las actitudes científicas, las creencias epistemológicas, el aspecto motivacional y los procesos cognitivos. La investigación auténtica promueve la metacognición y la autorregulación porque los alumnos pueden controlar mejor su aprendizaje y evaluar los errores en su pensamiento o errores en su comprensión conceptual (Schraw et al., 2006).

Kahle y Boone (2000), han señalado que las estrategias de resolución de problemas mejoran la metacognición y autorregulación del aprendizaje, permitiendo al estudiante reasignar recursos y resolver problemas de manera más eficiente.

3. Estrategias de aprendizaje y rendimiento académico

Los estudiantes pueden mejorar su rendimiento al tomar conciencia de su propio pensamiento mientras leen, escriben y resuelven problemas. Por lo tanto, los docentes deberían promover esta conciencia directamente informando a sus alumnos acerca de

las estrategias de resolución de problemas efectivas y discutir las características cognitivas y motivacionales del pensamiento (Paris y Winograd, 1990).

El creciente interés en la metacognición en las últimas décadas se relaciona a la mejora en los resultados del aprendizaje (Georghiades, 2004). Varios autores identificaron que cuando se realizan intervenciones que tienen como objetivo el desarrollo de estrategias metacognitivas los alumnos obtienen mejoras significativas en las habilidades de comprensión y apropiación del conocimiento en cuestión (Cross y Paris, 1998; Ezell, 1997; Landine y Stewart, 1998).

Brown (1994), opina que los alumnos trabajan mejor cuando tienen conocimientos sobre sus propias fortalezas y debilidades, como también acceso a sus propios repertorios de aprendizaje. Por ello, la metacognición es una habilidad que debe ser enseñada al alumno como un proceso de adentro hacia afuera y no como un proceso externo (Georghiades 2001).

Cuando los alumnos se enfrentan a una tarea, deben decidir y reconocer una estrategia de aprendizaje para abordar la actividad. Por lo general, los alumnos adoptan un enfoque superficial, que representa un intento de cumplir con un mínimo requisito de conocimiento y un motivo de superficie, con una reacción irreflexiva y de corto plazo a una tarea de aprendizaje, resultando en una estrategia caracterizada como un uso superficial de la cognición. Sin embargo, existen otros enfoques, un enfoque profundo y un enfoque exitoso. En el primer caso, se combina un motivo profundo, como ser el deseo interno de actualizar el interés o mejorar la competencia, y una estrategia profunda, como la predisposición a relacionar la información con el conocimiento previo. Mientras que un enfoque exitoso, se combina un motivo de logro, como podría

ser la mejora del ego a través de obtener buenas calificaciones, con una estrategia de logro, como organizar el tiempo, el espacio, el trabajo y la regulación del comportamiento. Los enfoques profundo y exitoso implican un alto nivel de metacognición, ya que requieren un mayor conocimiento y autorregulación.

Una vez que el alumno es consciente de lo que exige la tarea, puede ejercer control sobre las estrategias que dispone. Este modelo, propuesto por Biggs (1987), combina la motivación del alumno al abordar una actividad con una estrategia metacognitiva para lograr el aprendizaje.

La motivación intrínseca y la metacognición se han relacionado con altos niveles de autoeficacia, autoestima, autonomía (Johnson, 1979; Sagone y De Caroli, 2014; Sperling, Howard y Staley, 2004). Estos a su vez, se correlacionan positivamente con el logro académico según lo indicaron algunos autores (Carns y Carns, 1991; Hrbáčková, Hladík y Vávrová, 2012; Landine y Stewart, 1998). Sin embargo, Sperling et al. (2004), consideran que no existe relación entre la metacognición y el logro académico, presentando controversias al respecto.

Las investigaciones de Dunning, Johnson, Ehrlinger y Kruger (2003) y Thiede, Anderson y Therriault (2003) señalan que la metacognición es un predictor significativo del rendimiento académico. Los alumnos con mayor grado de metacognición logran un mayor nivel de rendimiento académico.

De acuerdo a lo hallado por Nietfeld y Schraw (2002) y White y Frederiksen (1998), es probable que los alumnos que reciben capacitación metacognitiva mejoren sus puntajes de rendimiento mucho más que aquellos que no reciben entrenamiento metacognitivo.

Los docentes deben enseñar a ir más allá de los conocimientos curriculares, moldeando estrategias metacognitivas como un componente más en su enseñanza. Para ello, deben evaluar la motivación del alumno para el éxito académico, su conocimiento actual asociado con la tarea académica en cuestión, las habilidades que serían de ayuda para llevar a cabo la tarea y el nivel de éxito que pretenden lograr. Estos componentes metacognitivos podrían ayudar a los alumnos a mejorar su autoconciencia y autorregulación del aprendizaje (Landine y Stewart, 1998).

Schraw (1997) reportó que el conocimiento y la regulación de la cognición se relacionaban significativamente con una alta capacidad de monitorización. Teóricamente, la conciencia metacognitiva puede anteponerse al uso efectivo de la estrategia. El hallazgo de que una conciencia metacognitiva más alta se correlacionó significativamente con el uso de una estrategia más alta informada, por lo tanto, está en línea con tal hipótesis. En general, estas correlaciones proporcionan soporte para las relaciones entre estos constructos dentro del modelo de aprendizaje autorregulado más amplio (Sperling et al., 2004).

La relación entre la metacognición y el logro alcanzado en el rendimiento no se predijo como fuerte. No hay consenso en la literatura existente con respecto a esta la relación. Los hallazgos sugirieron correlaciones menos robustas entre la metacognición y la motivación que para la metacognición y el uso de la estrategia (Sperling et al., 2004).

Al respecto, Hrbáčkova et al. (2012) revelaron a partir de su investigación que si los alumnos creen que el éxito académico, depende de ellos mismos pueden lograr un mayor nivel de metacognición, considerando el éxito académico como el dominio de

habilidades específicas en un contexto específico. En tanto que, la metacognición influye fuertemente en el éxito académico y se encuentra afectada en gran proporción por el locus de control interno, como así también por la motivación, competencia personal percibida, voluntad, emociones, actitudes, hábitos de estudio y el entorno para el aprendizaje.

Por ello, es de suma importancia incluir en los programas académicos actividades que ayuden a que los alumnos adopten habilidades y estrategias metacognitivas, como así también a tener control de su comportamiento.

CAPÍTULO 3

EL DIAGRAMA EN V

Es crucial que el alumno durante el proceso de aprendizaje sea crítico con su propio proceso cognitivo, de manera que manifieste su disposición a analizar desde distintas perspectivas los materiales que se le presentan y a intervenir activamente en la tarea de atribuirle significado. Como expresa Ausubel (2002), el aprendizaje significativo depende de las motivaciones, intereses y predisposición de quien aprende, requiriendo una actitud activa que posibilite la integración de significados a su estructura cognitiva. Novak (1998) sostiene que el alumno no puede engañarse a sí mismo, asegurando que ha atribuido los significados contextualmente aceptados, cuando sólo ha quedado con algunas generalizaciones vagas y confusas, sin significado psicológico y sin posibilidades de aplicación en diferentes situaciones.

El alumno al identificar semejanzas y diferencias, y al reorganizar su conocimiento, se posiciona en un rol activo en sus procesos de aprendizaje. Gowin (1981) considera esta situación como una responsabilidad del alumno. En este contexto, el aprendizaje se relaciona con una actitud reflexiva hacia el propio proceso y hacia el contenido que es objeto a aprender.

Los estudios epistemológicos realizados por D. B. Gowin respecto al desempeño de los alumnos en las clases de ciencias y su preocupación por los problemas pedagógicos, lo llevaron a desarrollar una herramienta conocida como la V epistemológica de Gowin (Novak y Gowin, 1984). Su propuesta fue ayudar a los alumnos a comprender con claridad la naturaleza y la finalidad de las prácticas de

laboratorio en las clases de ciencias, contribuyendo en el proceso de aprendizaje (Moreira y Novak, 1988). Esta herramienta tiene su justificación en la concepción ausubeliana, permitiendo entender cómo se desarrolla el aprendizaje en la mente humana (Rodríguez, 2008).

La UVE epistemológica de Gowin recibe esta denominación respondiendo al diseño gráfico en forma de “uve” (v) que presenta el diagrama. Esta herramienta también se la ha identificado como: UVE del conocimiento, diagrama UVE y diagrama en V.

El diagrama en V es un instrumento didáctico y metacognitivo que actúa como vehículo de negociación de significados. No tienen finalidad por sí mismo, sino que reflejan un modo peculiar y distintivo de conceptualizar el contenido trabajado en un momento dado. No se debe considerar que por el solo hecho de usarlo se esté logrando el aprendizaje significativo en los alumnos, sino que son instrumentos facilitadores del aprendizaje (Rodríguez, 2008).

Comprende una herramienta útil para interpretar las actividades de trabajos prácticos y relacionarlas con los conocimientos teóricos, y lograr explicar el fenómeno que se está estudiando, relacionando la teoría con la práctica y ejercitando la argumentación (Herrera, 2016).

1. Un aporte a la metacognición

Gowin (1981) resume en cinco preguntas la construcción del conocimiento para resolver y comprender el fenómeno planteado. Las preguntas son: 1) ¿Cuál es la pregunta determinante?; 2) ¿Cuáles son los conceptos clave?; 3) ¿Cuáles son los métodos de investigación que se utilizan?; 4) ¿Cuáles son las principales afirmaciones sobre conocimiento?; 5) ¿Cuáles son los principales juicios de valor?. Estas preguntas constituyen un paso previo al diagrama en V, quien representa claramente la producción de conocimientos como resultante de la interacción entre dominios conceptuales y metodológicos para responder a preguntas formuladas respecto a objetos o eventos de estudio.

En el diagrama en V se sintetizan dos dimensiones del conocimiento: una conceptual y otra metodológica, requeridas para responder a una pregunta formulada en busca de nuevos conocimientos. Estas dimensiones se unen en el vértice, el cual se convierte en un punto de convergencia entre ambas partes, donde se ubica el acontecimiento, evento o fenómeno estudiado a partir del cual se podrá responder la pregunta. La dimensión conceptual está integrada por la Cosmovisión, Filosofías, Teorías, Principios y Leyes. La dimensión Metodológica del diagrama en V está conformada por fuentes de evidencia, registro de acontecimientos, interpretación de datos, procedimiento experimental, afirmaciones de conocimiento y juicios de valor. En la Figura 1 se presenta el diagrama y los elementos que lo componen.

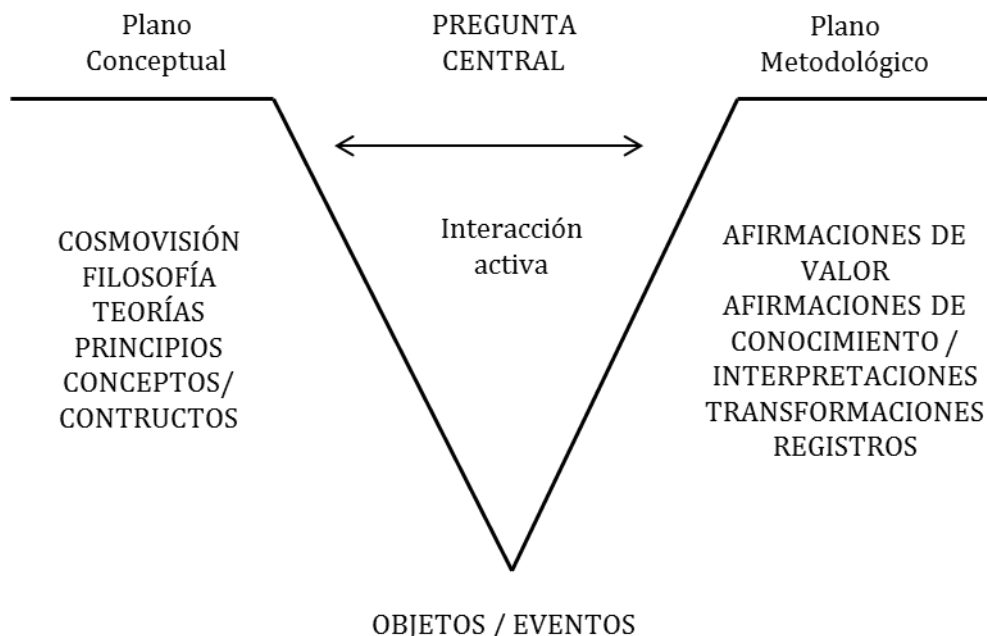


Figura 1. El Diagrama en V como una representación de la estructura del conocimiento con sus elementos epistemológicos. Fuente: Chrobak (2010).

La ruta didáctica del diagrama se inicia planteando una pregunta. La pregunta central consiste en un interrogante que identifica el fenómeno a estudiar e inicia la búsqueda del conocimiento. A continuación, se deben identificar y desarrollar las teorías y conceptos asociados al fenómeno en estudio. A partir del establecimiento de los objetos y/o eventos que serán evaluados, se procede a obtener los correspondientes datos y registros. A continuación, los datos y registros deberán ser transformados para obtener información a partir de ellos. Esta información permitirá responder a la pregunta inicial, en caso de haber seguido los pasos correctamente, a través de la formulación de afirmaciones de conocimiento. Como consecuencia de ello, se darán las condiciones que permitirán emitir un juicio de valor sobre el nuevo conocimiento, reflexionando sobre su aplicación en la vida cotidiana o en el avance de la Ciencia (Ramos, 2009).

Para la elaboración de un diagrama en V se debe tener en cuenta que hay una permanente interacción entre las dos dimensiones. Todo lo que se hace en la dimensión metodológica, referido al *hacer*, es guiado por la cosmovisión, filosofía, teorías, principios y conceptos de la dimensión conceptual, referidos al *pensar*. Recíprocamente, las afirmaciones de conocimiento de la dimensión metodológica pueden producir nuevos conceptos, modelos, teorías o filosofías, o reformar la dimensión conceptual existente (Moreira, 2007).

En el vértice de la “V” del diagrama se ubican los objetos y eventos, íntimamente relacionados a la pregunta, guiarán el estudio a fin de resolver el problema. Los objetos pueden ser concretos o reales y abstractos. En tanto que, los eventos son hechos o acontecimientos, pueden ser naturales o artificiales

El plano conceptual está compuesto por: la cosmovisión, filosofía, teorías, principios y conceptos. La cosmovisión es predominantemente cultural, cuyas explicaciones son aceptadas como válidas a través de la interacción social y la observación del mundo establecidas por los conocimientos de la época. Las filosofías son las creencias acerca de la naturaleza del conocimiento y de cómo orientar la búsqueda. Las teorías orientan la búsqueda de información y explican por qué los eventos u objetos exhiben lo que se observa. Los principios son enunciados de relaciones entre conceptos que explican cómo los eventos u objetos pueden aparecer o comportarse. En tanto que, los conceptos son regularidades que se perciben en eventos u objetos designados por medio de una etiqueta. Los objetos y eventos describen los elementos a ser estudiados para contestar la pregunta central. Su ubicación en el vértice del diagrama en V funciona como señal para no pasar por alto los acontecimientos y

objetos que se están analizando. Esto disminuye la probabilidad de establecer registros equivocados (Chrobak, 2010).

El plano metodológico se basa en los datos obtenidos en el estudio realizado y su interpretación, a fin de dar respuesta a la pregunta central. Está compuesto por: registros, transformaciones, afirmaciones de conocimiento y afirmaciones de valor. Los registros son las anotaciones de las observaciones realizadas de los eventos u objetos estudiados. Las transformaciones consisten en la organización de tales registros en tablas, gráficos, mapas conceptuales, estadísticas, u otras formas, que ayudan a interpretar los resultados obtenidos. Este análisis permitirá una interpretación razonable de los registros y transformaciones, mediante la elaboración de afirmaciones de conocimiento, que dará una respuesta a la pregunta central del estudio y alimentan el proceso de investigación. Concluyendo los pasos por el diagrama en V, en esta etapa se formulan conclusiones que ya no están estrechamente relacionada al manejo de los datos, sino que son estimaciones del que aprende. Las afirmaciones de valor, son juicios basados en el conocimiento adquirido al responder la pregunta que revelan el valor de la búsqueda de conocimiento realizada (Chrobak, 2010).

Mediante la elaboración del diagrama en V, se activa la metacognición ya que los alumnos toman consciencia de que el aprendizaje llega a ser significativo cuando ellos se hacen responsables de que así sea, pudiendo actuar activamente en ese proceso y elaborar un juicio de la valor de lo que se afirma (Izquierdo, 1995).

Chamizo y Hernández (2000), expresaron que el uso del diagrama en V ayuda a reconocer la interacción que existe entre el conocimiento disciplinar que se ha ido construyendo a lo largo del tiempo, y el conocimiento que pueden elaborar los alumnos

en una investigación dada. En esta construcción podrán identificar nuevas afirmaciones, que pueden dar lugar a la formación de conceptos nuevos y hasta nuevas teorías, ampliando el conocimiento.

Construir el diagrama en V es un método de aprendizaje que posiciona a los alumnos en actitudes de indagación dentro de la ciencia, siendo una herramienta eficaz de auto-evaluación. Este debe tomar una actitud reflexiva hacia el objeto y su propio proceso de aprendizaje, tendiente a preguntarse qué pretende aprender, porqué y para qué será útil o necesario aprenderlo (Moreira, 2010).

Al resolver problemas, el diagrama en V permite clarificar el entendimiento de la pregunta planteada en el problema y los conceptos relevantes que se deben aplicar para hallar una solución. A modo de ejemplo, se intentará dar solución a un problema relacionado al campo de estudio de la Microbiología Ambiental: “*¿Qué sucede con los microorganismos presentes en yogurt cuando se lo mantiene a 20°C durante 8 hs?*”, mediante el recorrido del diagrama en V (Figuras 2 y 3).

Dominio conceptual

Cosmovisión

Conocimiento, Ciencia, Educación e Investigación son componentes de un proceso estructural del desarrollo de la Sociedad y transformación del Ser Humano. Para que los seres humanos puedan tener acceso a una alimentación saludable, es importante el conocimiento de cómo conservar los alimentos correctamente sin que se alteren sus propiedades naturales.

Filosofía

Es importante, para un profesional del saneamiento ambiental, adquirir un cuerpo de conocimientos respecto al mundo, hechos y fenómenos que en él acontecen, para brindar soluciones a problemas y necesidades de la Sociedad. El conocimiento de los principios de la Microbiología Ambiental permite diagnosticar y mantener la calidad de los alimentos y contribuir al desarrollo sustentable de la Sociedad Moderna.

Teorías

Teorías de la Microbiología Ambiental y técnicas de conservación de alimentos.

Principios relevantes para la investigación

- 1- El proceso de pasteurización elimina bacterias patógenas, permaneciendo viables las heterótrofas totales.
- 2- El yogurt es un alimento obtenido por fermentación de la leche.
- 3- El yogurt es un alimento que posee bacterias lácticas, nutrientes, vitaminas y minerales.
- 4- El aumento de bacterias y sus desechos metabólicos afecta ciertas propiedades del alimento, perdiendo además calidad físico-química y sensorial.
- 5- El estado de refrigeración (4 a 8 °C) no desnaturaliza las proteínas de las bacterias, sólo limita su crecimiento.

Conceptos centrales
ver hoja aparte (Figura 3)



Pregunta central
¿Qué sucede con los microorganismos presentes en yogurt cuando se lo mantiene a 20°C durante 8 hs.?

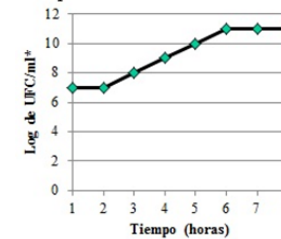
Dominio metodológico

Afirmaciones de valor

Dado que a 20 °C los microorganismos presentes en el yogurt activan su metabolismo, crecimiento y multiplicación, y que esta acción podría modificar las propiedades del alimento, en consecuencia su calidad sanitaria en base a lo aseverado en el principio N° 5, es importante que el yogurt se mantenga refrigerado entre 4 y 8 °C para conservar su calidad sanitaria. Además, por el principio N° 4, se sabe que el aumento de bacterias y sus desechos metabólicos afecta otras propiedades del alimento, perdiendo además calidad físico-química y sensorial.

Afirmación de conocimiento

Cuando el yogurt se expone a una temperatura de 20 °C, los microorganismos presentes en el producto activan su metabolismo, crecimiento y multiplicación, como lo indica el gráfico de variación del tamaño de la población en función del tiempo.



Transformaciones
Gráfico obtenido a partir de los registros

Registros: Ver tabla

Objeto/Evento

- Objeto de estudio: Muestra de yogurt
- Evento: Estudio de la curva de crecimiento microbiano en una muestra de yogurt a temperatura ambiente (20 °C) durante 8 horas. Se analizará una alícuota de la muestra cada 1 hora para evaluar el desarrollo microbiano.

Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Desarrollo microbiano	
		UFC/ml*	Log UFC/ml
1	20	1000000	7
2	20	1000000	7
3	20	10000000	8
4	20	100000000	9
5	20	1000000000	10
6	20	10000000000	11
7	20	10000000000	11
8	20	10000000000	11

* UFC/ml: unidades formadoras de colonias de células viables por ml de muestra

Figura 2. Diagrama en V “Microorganismos presentes en el yogurt”. Fuente: Elaboración propia.

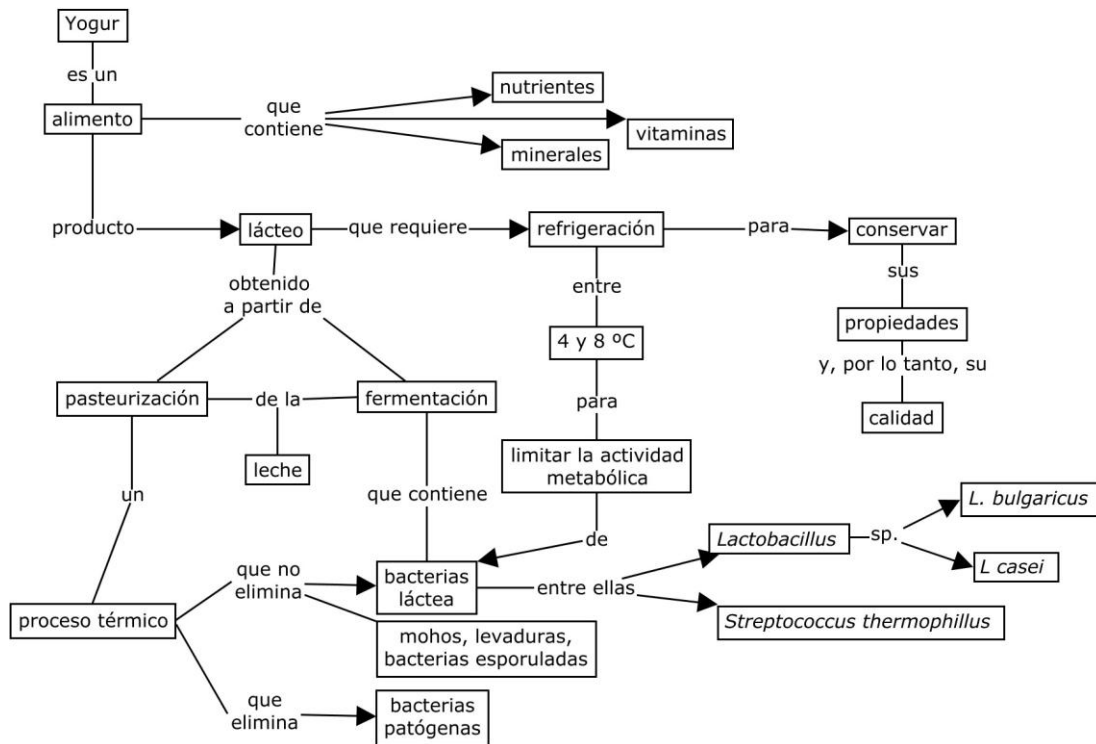


Figura 3. Conceptos centrales del Diagrama en V “Microorganismos presentes en el yogurt”.
Fuente: Elaboración propia.

2. El diagrama en V en la alfabetización científica

El diagrama en V interrelaciona el saber, el saber hacer y el saber ser, lo que representa las competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de la actividad científica. Además, permite integrar el conocimiento cotidiano con el científico, logrando ser considerada una herramienta altamente significativa (Novak y Gowin, 1984).

Aplicar el diagrama en V a las afirmaciones sobre acontecimientos u objetos es una tarea que requiere tanto de interpretación como de análisis, síntesis y evaluación del conocimiento. Estas habilidades son objetivos de aprendizaje posicionados en el nivel superior en la taxonomía de Bloom (Bloom, Engolar, Furst, Hill y Krathwohl, 1959). Esta

destreza ayudará a los alumnos a organizar las ideas y la información (Novak y Gowin, 1984).

En la enseñanza de las ciencias, es necesario que el alumno además del aprendizaje significativo de conceptos y definiciones aprenda que el conocimiento es producto de una construcción humana. El diagrama en V ayuda a descubrir el proceso de producción de conocimiento, esa información que generalmente, como expresa Moreira (2007), está “empaquetada” en artículos, libros, ensayos, tesis y otros documentos.

El uso de esta herramienta contribuye a que el alumno identifique los conceptos, las teorías, los registros y las metodologías que forman parte de la producción de un cierto conocimiento. Mediante esta estrategia de aprendizaje el alumno podrá percibir que tal conocimiento surge como respuesta a una pregunta (Moreira, 2007).

Aprender una ciencia implica manejar el lenguaje y las representaciones de la ciencia que realizan los científicos. Una dificultad importante que impide que se produzcan aprendizajes significativos son las grandes diferencias entre las distintas representaciones idiosincrásicas que construyen los alumnos acerca del mundo natural y las correspondientes representaciones científicas (Galagovsky y Adúriz, 2001).

3. El rol de las preguntas...

Como se mencionó anteriormente, el diagrama en V se inicia con una pregunta central que guiará la posibilidad de “desempaquetar” una porción de un cuerpo de conocimiento.

De acuerdo a Chin (2006), los alumnos pueden aprender a hacer preguntas apropiadas, y así aumentar su independencia y dirigir su propio aprendizaje. La pregunta,

utilizada como herramienta reflexiva, puede dirigir el pensamiento de los alumnos cuando están comprometidos en las tareas.

Las preguntas juegan un rol importante en el aprendizaje significativo y en la investigación científica, revistiendo un potencial recurso para la enseñanza de las ciencias. El formularse preguntarse es una actividad inherentemente desorganizadora. De esta manera, actúa desequilibrando afirmaciones que están firmemente establecidas (Chrobak, 2010).

Es muy importante el rol del lenguaje, el discurso y la argumentación en la construcción de conocimiento científico, a nivel del sujeto como de la sociedad (Duschl y Osborne, 2002). Una clave del discurso científico es el papel de preguntar para obtener explicaciones, evaluar evidencias, justificar el razonamiento y aclarar las dudas. El acto de hacer preguntas alienta a los alumnos a participar en el razonamiento crítico. La capacidad de pensar y elaborar buenas preguntas es un componente importante de la alfabetización científica (Millar y Osborne, 1998).

Planteando preguntas los alumnos activan sus conocimientos previos, invirtiendo esfuerzos de aprendizaje para elaborar su conocimiento. El proceso de hacer preguntas les permite articular su conocimiento con otras ideas, y tomar conciencia de lo que saben o no (Schmidt, 1993). Luego de la pregunta, ocurren procesos que favorecen la formulación de hipótesis, realizar predicciones, pensar, experimentar, explicar, entre otros, produciendo una cascada de actividades de resolución de conflictos a través de la formación y reordenación de redes cognitivas para dar una respuesta (Chin y Brown, 2002).

En este contexto surge la posibilidad de enfocarse hacia la creatividad, ya que la misma se dispara a partir del planteamiento de un problema o una pregunta. Tal vez, el

objetivo de desarrollar la creatividad sea el primer motivo para incitar a los alumnos a que se formulen sus propias preguntas. El conocimiento humano trae aparejada la reflexión acerca de lo que se sabe, o lo que se cree saber. El proceso de enseñanza implica reflexiones acerca de qué son los saberes socialmente válidos que se comparten, en qué contexto se han establecido, qué validez o limitaciones poseen, e incluso cómo se los rechaza (Chrobak, 2010).

Desde el punto de vista ausubeliano, la creatividad en relación al aprendizaje significativo, consiste en una serie de reconciliaciones integradoras exitosas asociada a un compromiso emocional para hacerlo. Para ello se requiere las siguientes condiciones mínimas: estructuras de conocimiento bien organizadas, el impulso emocional necesario para buscar conexiones entre diferentes dominios del conocimiento, transformar estructuras de conocimiento conceptualmente opacas a estructuras conceptualmente transparentes, y por último, integrar constructivamente el pensar, sentir y actuar a través de la experiencia (Chrobak, 2008).

Los resultados de las investigaciones de Pintrich y Schunk (1996) sugieren que la actividades o tareas que plantean interrogantes en los alumnos, o les genera algún problema, entre otras posibilidades, los ayuda a aumentar la curiosidad. En otras palabras, las tareas novedosas e imprevisibles estimularían en los alumnos curiosidad, interés y conductas de exploración, fomentando una orientación motivacional hacia metas de aprendizaje.

Según Freire y Faundez (2013), la pregunta es el eje activador del pensamiento. Es por ello que consideran a la pregunta como un elemento pedagógico que estimula y brinda solidez al proceso de aprender a aprender. Al respecto, tales autores plantean su crítica a la

educación tradicional, considerando que es una educación de respuestas, en lugar de ser una educación de preguntas. Freire y Faundez (2013) aseguran que una educación de preguntas es la única educación creativa y apta para estimular la capacidad humana de asombrarse, de responder a su asombro y resolver sus verdaderos problemas esenciales, existenciales y del propio conocimiento. Es por ello, que consideran necesario el desarrollo de una pedagogía de la pregunta, que desarraigue la pedagogía de la respuesta, en la que los profesores contestan preguntas que los alumnos jamás se han planteado.

CAPÍTULO 4

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La competitividad de un país depende de su capacidad para producir y asimilar el conocimiento. La Universidad desempeña un papel fundamental en la producción, difusión y asimilación del conocimiento. Desde el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (Matas, Osorio, Sokil, Polino y Crespo, 2018) han señalado, respecto a la expansión de la actividad científica de América Latina y el Caribe, que las universidades han tenido un papel preponderante. El 62 % de los investigadores de esta región se desempeñan en universidades y el análisis de la participación en artículos científicos reflejó que un 82 % de los autores de América Latina y el Caribe pertenecían a universidades.

El proceso de globalización ha elevado las exigencias en el nivel de las competencias profesionales del mercado laboral. Para mejorar la competitividad a nivel internacional es fundamental optimizar el desarrollo científico, para un fortalecimiento en innovaciones, competitividad industrial y eficiencia social (Brunner y Ferrada, 2011). En tanto, los sistemas educativos de los países en desarrollo deben adaptarse para alcanzar el nivel y la cantidad de profesionales altamente calificados (Escoria, Gutiérrez y Henríquez, 2007; Fernández, 2013).

La baja calidad educativa se advierte en el profundo grado de desconexión entre la formación que ofrece el sistema educativo y las competencias demandadas por el sector productivo. La región de América Latina y el Caribe registra importantes dificultades en relación a las calificaciones demandadas por el mercado laboral. Un 36 % de las empresas

del sector formal, principalmente aquellas con procesos productivos intensivos en competencias, declara tener problemas para encontrar una fuerza laboral adecuadamente formada, en contraste con un 21 % a nivel mundial y un 15 % en los países de la OCDE (Brunner y Ferrada, 2011).

Estos sectores pueden ser claves para el proceso de transformación estructural de la región, cuya productividad se centra en industrias de poco valor agregado y baja productividad. Según estimaciones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) la productividad en América Latina y el Caribe asciende a cerca de la mitad de su potencial y se encuentra muy por debajo de la observada en países como China, India y la Unión Europea, y por debajo del promedio mundial (Alaimo, Bosch, Kaplan, Pagés y Pipani, 2016).

El incremento en la productividad se asocia fuertemente con las políticas promovidas en Investigación y Desarrollo (I+D), innovación y gestión del talento humano. El despliegue de estas políticas implican una serie de acciones, entre ellas, fomentar mecanismos competitivos como instrumentos para la asignación de recursos para la innovación, las universidades y la evaluación de resultados e impactos (Sevilla y Dutra, 2016).

STEM es un acrónimo en inglés que sirve para designar las disciplinas académicas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (Science, Technology, Engineering and Mathematics). En alemán, el acrónimo equivalente es MINT, de Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft y Technik. Este término se utiliza para abordar temas relacionados a las ciencias, la educación, el trabajo, la seguridad, la innovación, entre otros. Las profesiones relacionadas con STEM tienen alta demanda en el mercado laboral a nivel mundial. Se

estima que en 2030 desaparecerán 2000 millones de empleos convencionales, que serán sustituidos por empleo basado en habilidades STEM (Del Regno, 2013).

Ciencia, Tecnología e Innovación siempre han sido los cimientos del progreso social y la mejora de la calidad de vida de la población. Debido a la explosión demográfica mundial y al estado crítico del ambiente, que sufre la degradación y pérdida de la biodiversidad, ha sido necesario dominar mejor las tecnologías para realizar un uso cuidadoso y responsable de los recursos naturales, los cuales cada vez son más escasos. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) considera que para hacer frente a desafíos que van desde la reducción de la pobreza hasta la atenuación de la degradación ambiental se requieren soluciones aportadas desde las profesiones STEM. En este sentido, tan solo en los países del África Subsahariana se necesitan 2,5 millones de ingenieros y técnicos suplementarios para alcanzar las metas de Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas relativas al acceso del agua potable y los servicios de saneamiento (UNESCO, 2010).

En 2010, esta organización advirtió sobre la escasez de ingenieros y la disminución de jóvenes que eligen estudiar las disciplinas STEM. Indicando, además, que esta recesión pone en peligro las capacidades en materia de ingeniería en el futuro, especialmente en los países en desarrollo, donde se suma la problemática de la “fuga de cerebros” (UNESCO, 2010).

En Argentina se necesitan equipos científicos que contribuyan a aumentar la producción tecnológica e industrial con el fin de enfrentar los desafíos económicos que transita. Sin embargo, los potenciales estudiantes aún ignoran el verdadero aumento de la demanda de graduados STEM, tanto localmente como a nivel mundial. Hay una aparente

desconexión entre la percepción de los ciudadanos acerca de STEM y su importancia para el crecimiento económico y el bienestar de la comunidad (Fernández, 2013).

Una de las posibles razones de esta falta de conocimiento recae en el interés, conocimiento y las actitudes de la población hacia el sistema científico y tecnológico. La investigación realizada por Polino, Vaccarezza y Fazio (2003) sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología, arrojó que el 30 % de los ciudadanos argentinos encuestados manifestó no haber tenido nunca contacto específico con información de Ciencia y Tecnología, y el 62 % no logró identificar ni mencionar ninguna institución científica. En materia de políticas públicas, dicha investigación evidenció que el 46 % de la población encuestada considera que el financiamiento al área de Ciencia y Tecnología no constituye una necesidad inmediata para resolver problemas de la Sociedad, y el 44 % considera que la mencionada área no ayuda a crear empleo en el país. Estos datos se relacionan con el grado de alfabetización, ya que las personas con menor nivel educativo piensan, en su mayoría, que los recursos destinados a este sector deben transferirse a otras áreas de mayor urgencia, como por ejemplo para resolver cuestiones asociadas a la pobreza o al desempleo.

En el año 2012, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT) de la Argentina, con la finalidad de apoyar y fomentar las carreras de STEM, lanzó oficialmente el primer canal de la televisión estatal con contenido exclusivo de Ciencia y Tecnología: TEC-Tecnópolis TV (MINCyT, 2012). Entre sus objetivos se encuentra promover vocaciones científicas entre los jóvenes, despertar el interés y generar curiosidad por estos temas en la Sociedad. En su programación presenta series de ficción, documentales, entrevistas con científicos argentinos, biografías y microprogramas, que proponen un acercamiento lúdico con temas de Ciencia y Tecnología en formatos

novedosos. El canal brinda la posibilidad de que temáticas científicas adquieran visibilidad, con una mirada crítica y entretenida de sus contenidos (Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología, 2018).

Estos problemas de escasez de profesionales relacionados con las disciplinas STEM en Argentina y el grado de desconexión de la población con temas de Ciencia y Tecnología, se relacionan con la deficiencia en la enseñanza de las ciencias. Los estudiantes no logran aprobar las asignaturas de ciencias, o bien no comprenden plenamente el contenido mínimo de las asignaturas (Fernández, 2013). Una estrategia para revertir esta deficiencia se relacionaría con la superación de ciertos desafíos de Innovación Didáctica en la formación de los profesores de Ciencia (Del Regno, 2013).

El primer Informe Mundial de Ingeniería de la UNESCO propone nuevos enfoques en la enseñanza y la formación, orientada especialmente hacia el aprendizaje basado en el planteamiento de problemas. El objetivo perseguido es despertar un mayor interés y lograr un aumento de estudiantes y egresados de profesiones STEM (UNESCO, 2010).

La Organización de Estados Iberoamericanos (OEI, 2018) ha planteado que en la mayoría de los países de América Latina, incluido Argentina, los sistemas de selección, formación, retención y apoyo de docentes todavía son inadecuados. En este sentido, Golombek (2008) expresó que los docentes, muchas veces, enfrentan las clases de ciencias con el vacío de no saber adónde ir. Como consecuencia, los alumnos siguen considerando a la ciencia como un accidente que les toca sufrir en algún momento del camino transitado por la escuela.

El nivel universitario no escapa a esta problemática. Uno de los principales obstáculos para la matrícula de masas en disciplinas STEM es la percepción social

generalizada de que estas carreras son más difíciles de seguir que las tradicionales (Fernández, 2013).

Con el fin de aumentar el número de estudiantes de grado en campos estratégicos para el desarrollo económico y productivo del país y apoyar la finalización de los estudios del nivel superior, como medida de planificación estratégica el Ministerio de Educación de la Nación Argentina lanzó el “Programa Nacional de Becas Bicentenario para Carreras Científicas y Técnicas”, mediante el Decreto 99/09, con su reglamentación en la Resolución Ministerial 742/10. El objetivo de este programa radicó en apoyar a estudiantes de bajos recursos para ingresar al sistema de Educación Superior en los campos de las Ciencias Aplicadas, Ciencias Exactas y Naturales, y las Ciencias Básicas, y apoyar a estudiantes avanzados de carreras de Ingeniería para completar sus estudio de grado.

Sin embargo, de acuerdo a los datos comunicados por el MINCyT (2015), la tendencia no ha logrado revertirse. Los indicadores de Ciencia y Tecnología muestran que los graduados de universidades públicas y privadas pertenecen en un 61 % a Ciencias Sociales y Humanidades, seguidos por Ciencias Médicas (18 %), Ingeniería y Tecnología (10 %), Ciencias Exactas y Naturales (9 %) y Ciencias Agrícolas (2 %). En la actualidad, las carreras con mayor matrícula corresponden en un 43 % a Ciencias Sociales y Jurídicas, 16 % a Computación, Ingeniería y Arquitectura, y un 4 % a Ciencias Exactas y Naturales (Ministerio de Educación, 2017).

Estas particularidades en la deficiencia profesionales STEM en Argentina se relacionan tanto a deficiencias del sistema educativo como asuntos económicos y políticos que transita cíclicamente el país. En diciembre de 2007 el Congreso Argentino modificó la Ley 26.338, creando el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva,

destinado a formular políticas, y desarrollar planes, para fortalecer el desarrollo de un sistema de producción sostenible, con los bienes y servicios de mayor componente tecnológico. A partir de entonces, el gobierno nacional aumentó un 88% la inversión en investigación científica y tecnológica, y un 40% la inversión en I + D. Con estos porcentajes, Argentina logró figurar entre los principales inversores en Ciencia y Tecnología entre las naciones de América Latina (MINCyT, 2009).

En relación con el producto bruto interno (PIB), la inversión en Ciencia y Tecnología fue aumentando progresivamente pasando del 0,49 al 0,59 % del PIB, entre 2004 y 2015 respectivamente (MINCyT, 2015). De esta forma, fue disminuyendo progresivamente la brecha con los estándares internacionales de los países desarrollados, quienes destinan entre 2 y 3% del PIB a actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Sin embargo, esta tendencia creciente en Argentina entró nuevamente en retroceso, retornando a un 0,4 % en 2018. Entre las medidas que han impactado y causado este retroceso se encuentra la reducción del MINCyT, pasando en septiembre de 2018 a conformar la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación, mediante el Decreto 801/18. El resultado de la desinversión en el sector y el proceso de deterioro llevan a una etapa de retroceso en la promoción del conocimiento, la innovación productiva y el pensamiento crítico de la Sociedad (Stefani, 2018).

El éxito en el camino del desarrollo depende en gran medida de la capacidad de gestionar el cambio tecnológico y aplicarlo a la producción, la explotación racional de los recursos naturales, la salud, la alimentación, la educación, y la atención de otros requisitos sociales (Valverde y Näslund-Hadley, 2010).

La educación en disciplinas STEM contribuye a conseguir una mayor competitividad, mejor calidad de vida, lo que se traduciría en un índice claro de la capacidad de un país para sostener un crecimiento sustentable. Un estudiante formado mediante un enfoque STEM no será solamente un innovador y pensador crítico, sino que estará capacitado para establecer relaciones significativas entre cuestiones relacionadas con la escuela, la sociedad, el trabajo, y más.

1. Enseñanza de las ciencias

Es importante ubicar la enseñanza en el proyecto de Sociedad que la sostiene. Las prácticas de enseñanza heredadas del siglo XIX se limitan a proponer sistemas científicos aislados de toda dimensión histórica y de todo contexto. O, en caso de que hagan un recorrido por la historia de las ciencias, lo más frecuente es que sólo sea para valorizar ideológicamente a “los grandes científicos” (Fourez, 2005).

La ciencia no es autómatas con referencia al contexto histórico social, ella constituye la respuesta a cuestiones puntuales planteadas en determinadas épocas y contextos particulares. Por ello, los modelos y proyectos científicos no deben ser enseñados simplemente por sí mismos, se debe mostrar que son una respuesta apropiada a ciertas cuestiones contextuales (Duschl, 1998).

A menudo se reconoce fácilmente que las ciencias y las tecnologías producen impactos sociales. Sin embargo, se debería percibir que la relación recíproca también es cierta: las ciencias y las tecnologías son un producto de la Sociedad y las reflejan. La enseñanza de las ciencias juega un rol de importancia, sin el conocimiento directo de ciertas

representaciones científicas que están integradas en nuestra cultura, generalmente es imposible desenvolverse en nuestra Sociedad (Fourez, 2005).

Tomar conciencia de ciertos aportes y límites de una producción sociocultural y participar en debates, para articular decisiones éticas y políticas, requiere de individuos con capacidad de análisis crítico. En estas acciones está implicada la Ciencia. Por ello, es relevante la enseñanza de las ciencias, dado que su finalidad es la formación de individuos más críticos, responsables y comprometidos con el mundo y sus problemas (Meinardi, 2009).

La enseñanza de la Ciencia, la ciencia como producto, intenta que el alumno comprenda conceptos, modelos y teorías de un campo disciplinar, lo que contempla el *saber* de la ciencia. En tanto que, la dimensión de la enseñanza como proceso se orienta hacia los modos de producción y validación de ese *saber*, refiriéndose al *hacer* de la ciencia en cuestión (Hodson, 1988).

Forma parte del *saber* y *hacer* del científico comprender la metodología para la producción del conocimiento, la historia, el contexto sociocultural del campo científico, los supuestos ideológicos, económicos y éticos (Hodson, 1988). La alfabetización científica debe proporcionar a los alumnos la posibilidad de situarse culturalmente frente a la Ciencia (Aguilar, 1999).

Más allá de la importancia que se merece, *hacer* ciencia es solo el comienzo. Los alumnos necesitan reflexionar sobre lo que están haciendo, necesitan participar en discusiones de porqué las investigaciones científicas están diseñadas de cierta manera, discutir las suposiciones inherentes a cualquier investigación científica y sus implicancias en los resultados. Así también, los alumnos necesitan discutir que la ciencia es hecha por

humanos y esto tiene implicancias en el conocimiento que se produce (Lederman, Lederman y Antink, 2013).

En este proceso de enseñanza y aprendizaje es necesario reflexionar sobre su estructura del conocimiento, rol en la sociedad que lo produce y su dinámica de cambio (Chamizo e Izquierdo, 2007). Esto plantea la necesidad de proporcionar una visión abierta y socialmente contextualizada, acorde con la propia naturaleza tentativa de la actividad científica (Gil y Vilches, 2006).

Es importante que los alumnos comprendan el carácter provisional del conocimiento, el cual proviene tanto de pequeños como de grandes descubrimientos realizados por los investigadores del pasado y del presente, pero también del futuro, que lo obliguen al cambio de muchas concepciones sobre distintos aspectos de la Ciencia de la cual se ocupan. Para ello, también deben implementarse programas lo suficientemente flexibles, como para intensificar ciertos temas de interés actual (Chrobak, 1997).

Unos de los objetivos de la enseñanza de las ciencias es promover la adquisición progresiva de habilidades de pensamiento científico. Herrera (2016) establece que para ello se deben: 1) formular preguntas que puedan ser constatadas con la evidencia obtenida en una investigación, 2) plantear hipótesis sobre cómo se pueden explicar los eventos y las relaciones, 3) hacer predicciones basándose en las hipótesis, 4) utilizar la observación y la medición para reunir datos, 5) interpretar datos y sacar conclusiones válidas a partir de las pruebas, 7) comunicar e informar los procedimientos y conclusiones, y reflexionar sobre los mismos.

Mc Ginn y Roth (1999) expresan que el aprendizaje de las ciencias con modelos libres y creativos producen un quiebre con la falta de motivación en el aula. Estos modelos

dan apertura y fomentan a la curiosidad. La curiosidad es un elemento esencial para que los alumnos puedan hacerse preguntas de su entorno e intentar responderlas (Furman y Zysman, 2001). La curiosidad, entendida como la búsqueda de información suscitada por la necesidad cognitiva es, en términos psicológicos, una suma de algunos factores como: la capacidad de la persona de sentir satisfacción por la adquisición de conocimiento, la expectativa subjetiva hacia la adquisición de un aspecto particular del conocimiento y el grado de satisfacción derivado de la adquisición de un conocimiento particular (Fulcher, 2004).

Phyllis y Whitin (2000) afirman que la curiosidad es proceso cuyo propósito fundamental es el aprendizaje acerca del mundo. Existe una relación significativa entre la curiosidad y el pensamiento divergente, lo cual llevó a Maw y Maw (1972) a explicar por qué los alumnos curiosos habían presentado altos índices de creatividad. Curiosidad y creatividad son actitudes científicas que posibilitan el acceso a nuevos conocimientos. La curiosidad es un poderoso factor de motivación hacia el conocimiento, el motor de los científicos. En tanto, a la creatividad le supone representarse mentalmente algunas presuntas e hipotéticas soluciones a los problemas, ayudando a los científicos resolver en la práctica los problemas (Cerdeira, 2000).

Galagovsky y Adúriz (2001) indican que aprender ciencias implica manejar el lenguaje y las representaciones de la Ciencia que tienen los científicos. Aprender los conocimientos científicos y reflexionar acerca de cómo se origina ese conocimiento y sus cuestiones epistemológicas.

El lenguaje es un sistema de recursos para construir significados. El desarrollo de habilidades científicas está relacionado al lenguaje, entre ellas: las consignas formuladas

por el docente, las tareas destinadas a la expresión oral, la producción escrita, gráfica y simbólica del alumno, la solicitud de intercambios entre alumnos y con el profesor a través del diálogo, el trabajo en grupo, la consulta al libro de texto (Massa y Rassetto, 2009).

Hablar, escribir y comunicar ideas es fundamental en el aprendizaje de ciencias, dado que constituye una manera de poner en orden las ideas, conceptos, modelos y teorías, darle sentido y relacionarlos. La escritura en la producción científica constituye una marca en el modo de pensar, en las formas de argumentar, contrastar, discutir y relatar (Menín y Temporetti, 2005).

No hay duda de que la alfabetización científica requiere invertir esfuerzo en enseñar el lenguaje científico, sin embargo, deberá tenerse en cuenta que la apropiación de dicho lenguaje es un proceso gradual y contextualizado (Galagovsky, Bonán y Adúriz, 1998; Lemke, 1997).

2. Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia

La visión de la Ciencia y las percepciones de cómo se desarrolla el conocimiento científico es lo que a menudo se expresa como “Naturaleza de la Ciencia” (NOS). Estas construcciones epistemológicas colorean las lentes a través de las cuales los individuos ven la ciencia y sus implicancias en la vida cotidiana, en el contexto del conocimiento y la práctica de la ciencia (Lederman et al., 2013). La Naturaleza del Conocimiento Científico es una parte clave del programa de estudios de las Ciencias Naturales (Hodson, 1996).

Actualmente no existe un consenso en la definición específica para la Naturaleza de la Ciencia, sus concepciones han cambiado a lo largo del desarrollo de la ciencia y su pensamiento sistemático. Sin embargo, está establecido que este término se refiere a la

epistemología de la ciencia, la ciencia como una forma de conocer, con los valores y creencias inherentes al desarrollo del conocimiento científico (Lederman, 2007).

Lederman et al. (2013) argumenta que hay un nivel de generalidad aceptable con respecto a Naturaleza de la Ciencia en el que existe poco desacuerdo entre los filósofos, historiadores y educadores en ciencias correspondiente a las características de la ciencia y del conocimiento científico. En tanto que, el conocimiento es provisional (sujeto a cambios), basado empíricamente (basado en y/o derivado de observaciones del mundo natural), subjetivo (cargado de teoría), implica necesariamente inferencia humana, imaginación y creatividad (implica la invención de explicaciones), y está enmarcado social y culturalmente.

Aunque el conocimiento científico se basa, al menos parcialmente, y/o se deriva de las observaciones del mundo natural, es decir es empírico, involucra imaginación humana y creatividad. La ciencia implica la invención de explicaciones y esto requiere una gran creatividad por parte de los científicos. La creatividad junto a la naturaleza inferencial de la ciencia implica que los conceptos científicos son modelos teóricos funcionales en lugar de copias fieles de la realidad (Schwartz, Lederman y Lederman, 2008).

La ciencia se practica en el contexto de una cultura y los científicos son el producto de esa cultura. Por eso, la ciencia afecta, y se ve afectada, por las esferas intelectuales de la cultura y diversos elementos como los entramados sociales, estructuras de poder, factores socioeconómicos, filosofía y religión (González, López y Luján, 1996).

Como se mencionó, el conocimiento nunca es absoluto o cierto. Los hechos, teorías, leyes representan un conocimiento sujeto a cambios. Las afirmaciones científicas cambian ante una nueva evidencia, hecha posible a la luz de avances en teorías y nuevas tecnologías.

Hay convincentes argumentos lógicos que dan credibilidad a la noción de provisionalidad en la Ciencia, asociados a que el conocimiento científico es inferencial, creativo y posee una matriz social y culturalmente incrustada. Entre ellos, el hecho de que las hipótesis científicas, las leyes y teorías nunca pueden ser absolutamente probadas, independientemente de la cantidad de evidencia empírica reunida en el soporte de una de estas ideas (Popper, 1988).

La Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, 2013), ha planteado que la Naturaleza de la Ciencia se refiere a los fundamentos epistemológicos de las actividades de la ciencia, distinguiéndose de los procesos científicos en sí, los cuales son consistentes con la investigación científica.

La investigación científica incluye procesos científicos de observación, recolección de datos y posterior análisis e interpretación, su combinación razonamiento científico y pensamiento crítico para desarrollar conocimiento. Por lo tanto, la investigación científica se refiere a enfoques sistemáticos utilizados por los científicos en un esfuerzo por responder a sus preguntas de interés. Generalmente, los alumnos poseen una visión distorsionada de la investigación científica: el Método Científico. Este método representa un conjunto fijo y una secuencia de pasos que siguen todos los científicos cuando intentan responder sus preguntas. La visión contemporánea de investigación científica defendida es que las preguntas guían el enfoque, y los enfoques varían ampliamente dentro de una disciplina o campo de conocimiento (Schwartz et al., 2008).

El enfoque *hacer ciencia*, basado en la investigación y enseñanza de habilidades científicas, ha sido considerado en algunas ocasiones como un enfoque implícito de la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (Lawson, 1982). Sin embargo, Durkee (1974),

Haukoos y Penik (1985) y Lederman et al. (2013), indicaron que el enfoque implícito no fue efectivo en la mejora del entendimiento de la Naturaleza de la Ciencia por parte de los alumnos y los docentes.

El objetivo de la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia se debe planificar como un objetivo cognitivo, explícitamente enseñado y evaluado en sí mismo. Akindehin (1988) determinó que un enfoque reflexivo explícito ha sido eficaz para lograr una mejor comprensión de los alumnos respecto a la Naturaleza de la Ciencia.

Los estudiantes deben desarrollar entendimientos profundos de cómo se genera el conocimiento científico y las implicancias que esto tiene para el estado del conocimiento. Si los estudiantes entienden la fuente y los límites del conocimiento científico, estarán mejor preparados para tomar decisiones informadas sobre problemas personales y sociales (Adúriz, 2002).

La comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y la investigación científica proporciona un marco de referencia y un contexto para el conocimiento científico. El contexto es necesario para que los alumnos comprendan lo que significa el conocimiento. La Naturaleza de la Ciencia y la investigación científica son contenido científico tanto como las reacciones de respiración celular y la genética microbiana. Sin atención a la enseñanza explícita de la Naturaleza de la Ciencia los alumnos aprenderán la materia de ciencia en un entorno libre de contexto, no permitiendo una comprensión conceptual en profundidad de la Ciencia (Lederman et al., 2013).

Las percepciones de la Ciencia a través de las cuales los alumnos ven el mundo están potencialmente formadas por la filosofía, historia y sociología de la ciencia. Por ello, la enseñanza de las ciencias debería abarcarse con un enfoque más holístico (Lederman et al.,

2013). Adúriz (2002) e Izquierdo (2000) establecieron una base epistemológica para la enseñanza de las ciencias a la luz de las nociones contemporáneas sobre la Naturaleza de la Ciencia y de cómo aprenden los alumnos. Esto constituye un aporte valioso a la reforma curricular, planteado desde perspectivas de la Filosofía e Historia de la Ciencia, Psicología del Aprendizaje y Didáctica de las Ciencias.

CAPÍTULO 5

LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Aquellos ambientes que promueven la exploración, la verificación de resultados y la anticipación de las consecuencias de una determinada acción, que permiten el planteo de preguntas y propician la reformulación de idea son facilitadores del aprendizaje y contribuyen a procesos de autorregulación del aprendizaje por parte de los alumnos.

En este marco, los laboratorios brindan un interesante aporte como un soporte concreto para favorecer ciertos procesos de aprendizaje. Entre ellos, los procesos de elaboración de nuevos significados mediante la formulación de preguntas e integración de nuevos conceptos y proposiciones a las ya existentes en la estructura cognitiva. Representan la posibilidad de ofrecer escenarios de aprendizaje donde los alumnos puedan constatar sus interpretaciones para la construcción de nuevas categorías de comprensión y argumentación (Rivarosa y Moroni, 2008). Sin embargo, en el laboratorio de enseñanza de ciencias muchas veces los alumnos están completamente ocupados en registrar observaciones de acontecimiento u objetos, en transformar esos registros y en obtener conclusiones, sin saber su “por qué”. Como plantean Cortés, Luis y de la Gándara (2006),

algunos alumnos posiblemente tratan simplemente de salir del paso ante la demanda del profesor.

Estas cuestiones radican en que los problemas que los docentes les plantean a los alumnos en clase, pueden diferir considerablemente de los que ellos mismos se plantean (Pérez y Pozo, 1994). Tal vez, los docentes estén dando respuestas a las preguntas que los alumnos jamás se han hecho, lo cual implica pasar por alto un proceso que ineludiblemente debe partir de las propias indagaciones y curiosidad de ellos mismos para luego llegar a construir otro tipo de preguntas en forma secundaria (Golombek, 2008).

Tomando conciencia de que, como expresaron Cortés et al. (2006), las prácticas de laboratorios constituyen una estrategia didáctica de primer orden para el planteamiento y resolución de problemas en el marco de las Ciencias Naturales, se deberán poner esfuerzos en el mejoramiento del diseño de las actividades. Las prácticas de laboratorio brindan a los alumnos la posibilidad de entender cómo se construye el conocimiento dentro de una comunidad científica, cómo trabajan los científicos, cómo llegan a acuerdos y cómo reconocen desacuerdos, qué valores mueven la ciencia, cómo se relaciona la ciencia con la Sociedad y con la Cultura. Esto se traduce en un aporte a la construcción de la visión de los alumnos sobre la Ciencia (Lunetta, 1998).

1. Los TPL en las clases de ciencias

El laboratorio ha conseguido un papel central y distintivo en la enseñanza de las ciencias. Los profesores han sugerido que hay muchos beneficios al aprender a partir de los trabajos prácticos de laboratorio. Los trabajos prácticos de laboratorio han sido descriptos como experiencias artificiales donde los alumnos interactúan con materiales para observar

fenómenos (Hofstein, 1988). Una de las atracciones de esta forma de aprendizajes es que el alumno está involucrado en actividades prácticas, tomando parte activa en el proceso de aprendizaje (Wei y Li, 2017).

Ausubel (1968), expresó que el laboratorio les da a los alumnos una apreciación del espíritu de la Ciencia, promueve la capacidad de resolución de problemas, análisis y de generalización, proporcionando además cierta comprensión de la Naturaleza de la Ciencia. Mientras que Tamir y García (1992) entienden por laboratorio de ciencias, aquel lugar especialmente equipado de un centro de enseñanzas donde se dan algunas clases en las que los alumnos realizan, por sí mismos, investigaciones sobre fenómenos y organismos, y resuelven problemas utilizando diversas habilidades manuales e intelectuales.

En numerosas ocasiones se ha cuestionado la efectividad de estas actividades dado que el laboratorio de ciencias es un ambiente de aprendizaje complejo para los alumnos. Cuando los profesores diseñan los trabajos prácticos de laboratorio, esperan que los alumnos adquieran competencias prácticas y de comunicación, y al mismo tiempo aprendan conceptos específicos de la ciencia en cuestión. Sin embargo, los estudios han demostrado que para la mayoría de los alumnos, la principal preocupación es la finalización de tareas (Berry, Mulhall, Gunstone y Loughran, 1999).

Muchos estudios que comparan los efectos de aprendizaje en el laboratorio, respecto a estrategias de enseñanza, han resultado en diferencias no significativas, y debido a esto algunos autores han cuestionado el valor del trabajo práctico en el laboratorio (Bates, 1978; Saunders y Dickinson, 1979). Estos resultados responden, en parte, a los modelos de enseñanza y los objetivos planteados por el docente al diseñar la actividad práctica. Representación de este aspecto es el quiebre que plantea Dewey a inicios del Siglo XX, con

el impacto en la enseñanza Naturaleza de la Ciencias del movimiento progresista de la educación. En este aspecto el rol del trabajo práctico de laboratorio cambió su orientación de un simple objetivo de involucrar a los alumnos en experiencias concretas con objetos y conceptos, planteada por Griffin en 1982, al enfoque investigativo de “aprender haciendo”. Dando un nuevo giro en 1960, con la introducción del “nuevo” currículo de ciencias en el que se enfatiza en los procesos de la ciencia y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores (Hofstein y Lunetta, 1982).

Existen grandes diferencias entre las estrategias de aprendizaje de un tipo de actividad de laboratorio a otra, que están destinadas a afectar los resultados del aprendizaje. Algunas actividades se organizan de manera deductiva y los alumnos recopilan datos para verificar y comprender las leyes o relaciones que se han descripto anteriormente en clase. Mientras que otras actividades preceden a la instrucción formal de un tema e involucran a los alumnos en la recopilación de información sobre materiales y fenómenos, de los cuales posteriormente deducirán relaciones y harán generalizaciones (Hofstein, 1988).

Otro factor que influye en los resultados de los trabajos prácticos de laboratorio está relacionado a la orientación proporcionada a los alumnos. Algunos trabajos prácticos están altamente estructurados, y los alumnos siguen instrucciones del estilo de “recetas de cocina”, mientras que otros involucran a los estudiantes en elementos de planificación y diseño del experimento (Hofstein y Lunetta, 2004).

Las críticas de las prácticas de laboratorios formuladas por varios autores, están relacionadas a la falta de efectividad de estos trabajos para permitir el aprendizaje de conceptos científicos y de procedimientos vinculados con la actividad científica (Barberá y Valdés, 1996), Aun así, varios autores acuerdan en que la singularidad del laboratorio

radica principalmente en proporcionar oportunidades a los estudiantes para participar en procesos de investigación. Por lo cual será necesario plantear innovaciones a fin de superar las limitaciones asociadas y revisarlos a la luz de los conocimientos de cómo se aprende y cómo se construye el conocimiento científico (Álvarez y Carlino, 2004).

Hofstein (2004) expone investigaciones sobre la calificación de la efectividad relativa de las actividades de trabajo práctico realizada por los alumnos en comparación a las actividades áulicas con demostraciones de los profesores, discusiones grupales, experimentos filmados y conferencias. En sus resultados ha documentado que los alumnos indicaron que el trabajo de laboratorio fue el método de enseñanza más efectivo para promover su interés, actitudes y aprendizaje de las ciencias.

Lock (1990) afirma que el trabajo práctico de laboratorio involucra habilidades tanto manuales como intelectuales, que en alguna medida son distintas de las que se usan en trabajos áulicos. Los objetivos del trabajo de laboratorio podrían clasificarse en las siguientes áreas principales: despertar el interés, la actitud y la curiosidad en la ciencia, desarrollar el pensamiento creativo, fomentar habilidades de investigación científica puedan transferirse a la capacidad de resolución de problemas, promover el pensamiento crítico, fomentar el conocimiento de la actividad humana de la ciencia, ayudar al alumno a apreciar y a emular el papel del científico (Shulman, 1998).

Según expresa Sanmartí (2002), la experimentación y la observación en los laboratorios serán herramientas de aprendizaje sólo si provocan que el alumno se haga preguntas, es decir, si conduce a representarse posibles interpretaciones de lo que se observa para poder discutirlos. Por ello, para que el trabajo de laboratorio contribuya significativamente al aprendizaje es necesario definir claramente los objetivos de las

actividades, tanto para el profesor como para los alumnos. Séré (2002) destaca que de esta forma se podrá capitalizar la singularidad de este escenario de aprendizaje.

Permitir que los alumnos lleven a cabo sus propias investigaciones en los laboratorios contribuye, en gran medida, a que desarrollen su comprensión de las estrategias de la investigación científica, tomen decisiones y exploren relaciones. Así mismo, se puede obtener un gran beneficio si se les permite reflexionar acerca del progreso de aprendizaje personal que hayan experimentado (Gil y Vilches, 2001).

Gil y Valdés (1996) plantearon que la riqueza que aporta la orientación de las prácticas de laboratorio como actividad investigativa, también denominada “investigación guiada” o “investigación dirigida”. Este tipo de prácticas contribuyen a alejar a los alumnos de una visión simplista y deformada de la actividad científica, en tanto, estas réplicas de investigaciones han de ajustarse a las estrategias de trabajo científico.

La investigación guiada, planteada por Gil y Valdés (1996), pretende que el trabajo de laboratorio deje de ser un trabajo experimental, y que pase a integrar aspectos de la actividad científica. Para ello, proponen un conjunto de aspectos que de realizarse en las prácticas de laboratorio favorecería a que los alumnos identifiquen la riqueza del trabajo científico, los cuales se mencionan a continuación:

- 1) Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado, con el objetivo de que los alumnos puedan tomar decisiones, y transformarlas en problemas específicos.
- 2) Favorecer la reflexión acerca de la relevancia e interés del problema, posibilitando su contextualización y su implicancia en la sociedad.

- 3) Potenciar análisis cualitativos que contribuyan a comprender y a acortar la situación planteada en base al conocimiento disponible y a formular preguntas.
- 4) Plantear la formulación de hipótesis como actividad central de la investigación científica, que oriente el tratamiento de la situación problemática y hacer explícitas las concepciones previas de los alumnos.
- 5) Otorgar importancia a la elaboración de diseños experimentales y planificación de actividades por parte de los alumnos, en la que ellos además evalúen qué elementos y tecnología es conveniente incorporar.
- 6) Plantear el análisis detenido de los resultados de acuerdo a los conocimientos disponibles, las hipótesis manejadas y los resultados obtenidos por otros equipos que comparten la clase. En base a estos resultados, es recomendable, favorecer revisiones del diseño, de las hipótesis, o del planteamiento del problema.
- 7) Plantear posibles perspectivas de los problemas derivados del mismo y de las implicancias del estudio realizado en la Ciencia, la Tecnología y/o la Sociedad, sus posibles aplicaciones o repercusiones negativas.
- 8) Orientar a los alumnos hacia un esfuerzo de integración que considere el aporte del estudio a la construcción de un cuerpo coherente de conocimiento y sus implicancias hacia otros campos de conocimientos.
- 9) Otorgarle importancia a la elaboración de memorias científicas para resaltar el papel de la comunicación y el debate en la actividad científica.
- 10) Potenciar la importancia de la dimensión colectiva del trabajo científico a partir de la organización de equipos de trabajo y facilitando la interacción de los demás equipos formados, que representarían la comunidad científica, con el profesor

como experto y el cuerpo de conocimiento ya construido, tomado de los textos de lectura en clase. Esto permitiría visualizar el trabajo realizado por la comunidad científica y la expresión de consenso alcanzado en determinado momento.

Esta propuesta cuestiona la idea de una práctica de laboratorio como actividad autónoma, dado que la investigación científica abarca mucho más que el trabajo experimental, el cual carece de sentido cuando es tomado aisladamente. Esta orientación de los laboratorios como práctica investigativa forma parte de un amplio consenso entre otros autores (Hodson 1992; Tamir y García, 1992). En la que, avanzando en la complejidad de dichos trabajos prácticos, los alumnos pueden comprender el papel de la Ciencia y de su propio significado, y que incorporen la visión de la Ciencia como un instrumento que ayuda a resolver problemas y a explorar lo que es desconocido (Grau, 1994).

La práctica de la ciencia pone su acento en emplear los procedimientos científicos para investigar fenómenos, resolver problemas y seguir intereses concretos. Esta práctica es una actividad imprevisible que exige a cada científico inventar su propio modo de actuar. Enseñar a los alumnos la práctica de la ciencia implica comportarse como científicos tanto en el laboratorio como en el aula (Bransford, Brown y Cocking, 2000; Hodson, 1996).

Hodson (1996) planteó que, si bien entre las décadas de 1960 y 1990, fueron cambiando los enfoques de los laboratorios en las clases de ciencia, en todos ellos se malinterpretó la naturaleza de la investigación científica. Entre los mencionados se encuentran: el aprendizaje por descubrimiento, el enfoque del proceso y el enfoque constructivista.

El aprendizaje por descubrimiento sostenía que los alumnos aprendían mayormente realizando actividades como un juego y no estructuradas, por lo cual se les permitía realizar

experiencias orientadas como una investigación. Se le daba énfasis a las demostraciones y trabajos experimentales, sin evidencias pedagógicas justificables (Flores, Caballero y Moreira, 2009). El principal factor que distorsionó este enfoque fue su soporte en el modelo inductivista de la ciencia. En este contexto, el trabajo de laboratorio representaba un medio para obtener información y datos sobre hechos, sin ningún prejuicio del observador, sin enunciar ningún problema en particular, sin dirección del docente y con final abierto. Estas acciones conducían a una serie de suposiciones erróneas, entre ellas considerar la observación como objetivo y el punto de partida del método científico (Hodson, 1994).

Por otra parte, el enfoque del proceso se basó en la creencia de que los alumnos pueden manejar los procesos de la ciencia como una habilidad innata. Es por esto, que el enfoque del proceso se caracterizó por otorgarle mayor importancia a que el alumno desarrolle habilidades y técnicas de indagación científica, consideradas generalizables y transferibles a otros contextos, ante la adquisición de conocimiento conceptual. Esta corriente defendía fuertemente que los conceptos surgen automáticamente del compromiso en los procesos, y por ello es de relativa importancia en esta fase y no sería necesario otorgarle demasiada significación.

El apoyo de Gagné (1963) a este enfoque de la educación científica radicaba en que sostenía que las habilidades de la ciencia, los denominados procesos, en un análisis vertical de jerarquía de aprendizaje son de mayor nivel. En consecuencia, consideraba que la capacidad de actuar como científico depende de la posesión del conocimiento general e incisivo, el cual presupone que ciertas capacidades fundamentales, como observar, clasificar, inferir, medir, registrar, entre otras, hayan sido adquiridas. El enfoque orientado al proceso establece entre otras creencias que la investigación científica puede describirse

en términos de una serie de procesos discretos, y que tales son genéricos. Esto significa que los procesos son independientes del contexto y por lo tanto son transferibles.

La transferibilidad es un principio central en el enfoque del proceso, que resultó fundamental para establecer una evaluación centrada en las habilidades. Sin embargo, la transferibilidad depende de la familiaridad con los conceptos relevantes y por lo tanto la capacidad demostrada de ejercer una habilidad en un contexto particular no es garantía de esa habilidad en un contexto conceptual diferente (Hodson, 1996).

Las prácticas de laboratorio bajo este enfoque, tienen como objetivos principales: generar motivación, comprobar teorías, desarrollar destrezas cognitivas de alto nivel. Sin embargo, al llevarlos a cabo los alumnos piensan que el propósito del trabajo es seguir instrucciones y obtener la respuesta correcta, por lo que se concentran en la idea de manipular instrumentos más que manipular ideas (Hofstein y Lunetta, 2004).

En el enfoque constructivista de las prácticas de laboratorio se consideró la importancia del marco teórico para que los alumnos sepan dónde y cómo mirar a fin de hacer observaciones adecuadas a la actividad en marcha y cómo interpretar lo que ven. Esta incorporación del marco teórico, fue acompañada de la identificación de las ideas previas de los alumnos, creación de oportunidades para establecer la solidez de sus explicaciones, brindar estímulos para que desarrollen o modifiquen sus ideas, apoyando sus intentos de repensarlas o reconstruirlas. Sin embargo, este enfoque no abarcó completamente la finalidad de enseñar ciencias, ya que le otorgó escasa atención a temas epistemológicos y metodológicos. Como plantea Hodson (1996), una parte crucial de la enseñanza de la ciencia implica comprender la racionalidad particular que los científicos emplean en generalizar y validar el conocimiento. Aprender ciencia implica introducirse en las técnicas

establecidas, estrategias, parámetros y criterios de la Ciencia. Implica la apreciación crítica de la naturaleza de la evidencia científica, la comprensión tanto del rol como del estatus del conocimiento científico, y el reconocimiento de su dependencia social y cultural.

A raíz de que esto, Hodson (1996) sugirió reorientar los trabajos prácticos de laboratorio hacia una imagen más adecuada de la Ciencia. Propuso que la enseñanza de la ciencia debía estar compuesta por tres aspectos interrelacionados:

- A) Aprender ciencia: destinado a la adquisición y desarrollo del conocimiento conceptual y teórico.
- B) Aprender sobre ciencia: consignada al desarrollo y comprensión de la naturaleza y métodos de la ciencia, y las complejas interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.
- C) Hacer ciencia: orientada al compromiso y especialización en investigaciones científica y resolución de problemas.

El conocimiento científico tiene más credibilidad, validez y confiabilidad que otro tipo de conocimiento, porque las indagaciones que lo produjeron adhieren a un criterio bien establecido para juzgar y evaluar el conocimiento, y los parámetros para conducir y valorar las investigaciones científicas. En el aprendizaje de la ciencia, estos parámetros y criterios son los que deben aprenderse (Hodson, 1996). Debido a que el procedimiento para conducir investigaciones científicas es dependiente de la experiencia del investigador, la única forma efectiva de aprender a hacer ciencia es haciendo ciencia. Para lo cual se puede proponer un enfoque de tres fases: el modelado, donde el docente expone el comportamiento deseado; la práctica guiada, donde el alumno actúa con la ayuda del docente; y la aplicación, donde los alumnos actúan independientemente del docente.

El científico, al llevar a cabo las estrategias elegidas, utiliza un tipo adicional de conocimiento que solo puede ser adquirido con la práctica de la ciencia, del saber hacer del científico creativo. Este conocimiento combina la comprensión conceptual con elementos de creatividad, una aptitud especial para los experimentos y un complejo de atributos afectivos que facilitan el ímpetu necesario de determinación y habilidad científica (Chrobak y Prieto, 2010).

Osborne (2014) propone volver sobre prácticas científicas en las clases de ciencias: 1) crear preguntas y definir el problema, 2) desarrollar y usar modelos: elaborar explicaciones, interpretar datos a partir de modelos, hechos, principios, 3) planificar y llevar a cabo investigaciones, 4) analizar e interpretar datos: seleccionar información relevante de datos, identificar variables, problema, 5) utilizar las matemáticas y el pensamiento computacional, 6) construir explicaciones y plantear soluciones al diseño de investigación, 7) participar de la discusión con argumentos basados en la evidencia, 8) obtener, evaluar y comunicar la información.

Cierto tipo de actividades abiertas de laboratorio, con participación en resolución de problemas, puede proporcionar mejores oportunidades para que los alumnos desarrollen el pensamiento creativo. Los alumnos pueden ser alentados a desarrollar la capacidad de combinar ideas, objetos, técnicas o enfoques de una nueva manera, habilidades consideradas creativas. Hill (1976) realizó un estudio en el que descubrió que la creatividad de alumnos universitarios, medida por el Test de Pensamiento Creativo de Minnesota, mejoraba con la participación de actividades de laboratorio.

Este modelo pone énfasis en establecer comunidades de prácticas científicas sobre el hecho de que el conocimiento y la comprensión se construyen socialmente a través de

conversaciones, actividades e interacción en torno a la resolución de problemas. Una comunidad de práctica también proporciona apoyo cognitivo y social para los esfuerzos de los integrantes del grupo a nivel individual, compartiendo la responsabilidad de pensar y hacer. Al desafiar los pensamientos y creencias de los demás, los alumnos comparten sus conocimientos para lograr entendimiento, resultando en un contexto poderoso para construir significados (Bransford et al., 2000).

La creación de un entorno de aprendizaje saludable es un objetivo importante para la enseñanza. Las actividades de laboratorio tienen el potencial de mejorar las relaciones sociales constructivas, las actitudes positivas y el crecimiento cognitivo. El esfuerzo de trabajo colaborativo de los trabajos prácticos de laboratorio puede promover interrelaciones personales que involucren cohesión, orientación de tareas, dirección de objetivos, intercambio de ideas y satisfacción.

En base a esto, se pueden diseñar modelos de enseñanza que integren los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la enseñanza de la Ciencia. Permitiendo a los profesores mejorar la efectividad para facilitar el desarrollo cognitivo de los alumnos.

Moreira y Levandowski (1983) describieron tres tipos de laboratorios establecidos por los estilos instruccionales ocasionados por la falta de discriminación entre lo que es aprender el cuerpo teórico de la ciencia, aprender sus métodos y aprender a practicarla, en términos de los aspectos de la enseñanza de la ciencia planteados por Hodson (1994). Los tipos de laboratorio son:

- A) Laboratorio programado: altamente estructurado
- B) Laboratorio con énfasis en la estructura del experimento: centrado en el diseño de experimentos

C) Laboratorio con enfoque epistemológico: se basa en el uso heurístico de la V de Gowin (diagrama en V) para la resolución de problemas.

Esta problemática proviene de la confusión entre el rol del científico y de los alumnos de ciencias, entre la psicología del aprendizaje y la filosofía de la ciencia. Así como la confusión entre la estructura sustantiva, organización de los conceptos de las disciplinas, y la estructura sintáctica del conocimiento disciplinar, sus formas de validación, arrastrando problemas por falta de reflexión sobre características epistemológicas de la disciplina a enseñar.

De acuerdo a Flores et al., (2009) el laboratorio programado es inadecuado para el aprendizaje de la estructura sintáctica de la ciencia, equivalente al enfoque por descubrimiento, alineado completamente a la visión inductivista de la ciencia. Mientras que los otros estilos son formas de abordar el laboratorio para contribuir al aprendizaje de la estructura sintáctica de las ciencias, ya que permite que los alumnos realicen las actividades prácticas basadas en la resolución de problemas. El laboratorio con énfasis en la estructura del experimento posee una orientación investigativa que podría abordarse desde una modalidad guiada hasta una abierta, dependiendo del grado de orientación que ofrezca el docente a los alumnos. En tanto, el laboratorio con enfoque epistemológico propone un abordaje holista e integral e un problema relacionado con algún evento u objeto, y así involucrarse con procesos propios de la actividad científica.

El trabajo práctico de laboratorio implica un complicado mundo de relaciones cognitivamente dinámicas entre lo teórico y lo metodológico, que simulan la actividad integral y holística de los científicos (Hodson, 1994).

2. El lenguaje en el aprendizaje de las ciencias

El proceso de socialización científica, componente de la Naturaleza de las Ciencias, se canaliza a través del uso del lenguaje. En consecuencia, todo profesor de ciencias es un profesor de lengua y toda clase de ciencias es una clase de lengua (Serra y Caballer, 1997; Sutton, 2003). Sin embargo, no todos los profesores de ciencia asumen ese rol, ya que se considera que enseñar a leer, escribir, hablar y escuchar la ciencia que están enseñando, de forma activa y significativa, correspondería a los profesores de Lengua, por considerar que serían estos docentes los responsables de desarrollar en los alumnos las cuatro capacidades lingüísticas de comunicación mencionadas.

Massa y Rassetto (2009) plantearon que el aprendizaje de las ciencias involucran el desarrollo de distintos tipos de habilidades, entre ellas habilidades cognitivas, cognitivo-lingüísticas y experimentales.

Las habilidades cognitivas comprenden el conjunto de operaciones mentales, que permiten procesar e integrar la información adquirida, a través de la interacción con otros sujetos, en una estructura de conocimiento que tenga sentido para el alumno. Entre las habilidades cognitivas fortalecidas en el aprendizaje de los contenidos científicos pueden mencionarse: analizar, comparar, clasificar, interpretar, inferir, deducir, sintetizar, aplicar, valorar, operar. Estas habilidades activan un tipo de estructura textual específica que permite la comunicación de ideas. A través de las habilidades cognitivo-lingüísticas se produce el intercambio de conocimientos, cuyo medio es el lenguaje. Este tipo de

habilidades se usan en textos, y son: definir, describir, resumir, explicar, justificar, argumentar, demostrar. En tanto, que las habilidades experimentales son clave para desarrollar los procesos involucrados en el trabajo experimental, las cuales son: observar, plantear hipótesis, identificar y relacionar variables, diseñar experimentos, seleccionar instrumentos de observación y medición, recoger datos, estimar errores de medición y sus fuentes, aplicar e integrar procedimientos, derivar conclusiones. Estas, a su vez involucran a otras habilidades de naturaleza motora, tales como: manipulación de instrumentos, montaje de equipos, realización de ensayos (Massa y Rassetto, 2009).

Además, Sanmartí (2007) expresa que aprender ciencia implica apropiarse del lenguaje de la ciencia. El aprendizaje que está asociado a nuevas formas de ver, pensar y hablar sobre los hechos. A través del lenguaje de la ciencia los alumnos pueden acceder a la cultura científica. En tanto, Lemke (1997) indica que, el lenguaje no es sólo vocabulario y gramática: es un sistema de recursos para construir significados.

Para la consolidación de un conocimiento no sólo es importante obtener evidencias para avalarlo, sino también participar de discusiones entre científicos. Mediante las discusiones se ponen a prueba las maneras de hablar acerca del nuevo saber, y mediante los escritos se posibilita su comunicación. Cada disciplina se compone de prácticas discursivas propias, involucradas en un sistema conceptual y metodológico, siendo los docentes los encargados de transmitir estas herramientas (Carlino, 2002).

La tarea académica de elaboración de informes para presentar los resultados obtenidos de las experiencias de los trabajos prácticos, constituye una oportunidad didáctica para la adquisición de habilidades lingüísticas y fomento de prácticas discursivas de las ciencias (Harlen, 1998).

El lenguaje posibilita que el conocimiento, relacionado con haber obtenido determinados datos y haber pensado sobre ellos, se pueda discutir y difundir. Es por ello que el lenguaje contribuye de manera importante a la construcción del conocimiento (Sanmartí, Izquierdo y García, 1999).

3. Enseñanza de la Microbiología en la universidad

Es importante que los docentes de Biología, como las demás Ciencias Naturales, dominen no sólo los contenidos de la disciplina, sino también su propio esquema conceptual. Es necesaria la inclusión habitual de componentes de actualización y formación permanente del docente, para no tender al reduccionismo conceptual (Angulo, 2002; Zeichner y Gore, 1990).

Los trabajos prácticos de laboratorio de Biología podrían relacionarse con mejoras de las habilidades de pensamiento científico. En una investigación realizada por Wheatly (1975), con alumnos de Biología en la Universidad observó que el rendimiento aumentaba en el nivel superior de la Taxonomía Cognitiva de Bloom como consecuencia de la realización de actividades especiales de laboratorio. Raghbir (1979) obtuvo resultados similares, y estableció que las habilidades cognitivas resultaron de alto nivel mientras los alumnos realizan los trabajos prácticos de Biología, afrontando actividades como: formulación de hipótesis, elaboración de suposiciones, diseño y ejecución de investigaciones. Además, observó que los alumnos desarrollan mejor la curiosidad en comparación con los alumnos que participaron sólo de clases con un enfoque de conferencia.

La Microbiología se define como la ciencia que estudia los seres vivos de pequeñas dimensiones, concretamente aquellos cuyo tamaño se encuentra por debajo de poder resolutivo del ojo humano. La Microbiología está relacionada a varias disciplinas, entre ellas la Medicina, el Ambiente y la Salud Pública. Remontando en su historia, la invención del microscopio, por Antony Van Leeuwenhoek en el Siglo XVII, dio comienzo a esta nueva rama del conocimiento de la Biología. La Microbiología ha aportado conocimiento para comprender el origen de las enfermedades infecciosas y las herramientas tanto para evitarlas como para combatirlas, en el que han participado relevantes figuras, como Louis Pasteur, Robert Koch, Alexander Fleming y Joseph Lister, entre otros.

Esta ciencia se ha enriquecido con los aportes de la investigación básica y demostró una prometedora expansión a múltiples campos de la actividad humana. Dentro de los procesos más destacados es el aporte del estudio de los microorganismos en la obtención de productos de interés, sobre todo a nivel industrial, constituyendo el surgimiento de la Biotecnología.

La enseñanza de Microbiología se ve enfrentada en ocasiones a las dificultades para explicar fenómenos biológicos en organismos que de plano son invisibles a simple vista. A esto se suma un gran número de términos que son necesarios para la explicación de temas más complejos y de difícil comprensión por parte de los alumnos.

Un estudio realizado por Lifschitz, Bobadilla, Esquivel, Giusiano y Merino (2010) plantea que se obtienen mejores resultados cuando se plantea la enseñanza de la Microbiología mediante el aprendizaje basado en problemas, dado que proporciona la reflexión crítica y el aprendizaje para la vida cotidiana. En tanto, que Lledó, González y Saz (2010) afirmaron que la resolución de casos clínicos es una metodología de enseñanza

que ofrece resultados positivos ya que favorece el desarrollo del aprendizaje autónomo, la participación activa y trabajo colaborativo, la formulación de preguntas y reflexión sobre los temas abordados.

Existen estudios en los que describen enfoques novedosos de la enseñanza de la Microbiología a través del cine, como un método activo y dinámico en el que conjugan eficacia con eficiencia. La experiencia, llevada a cabo por Fresnadillo, Amado, García Sánchez y García (2005), evidenció una comunicación implícita entre docentes y alumnos, con enriquecido intercambio de ideas e impacto sensorial y emocional que han supuesto un refuerzo educativo. Esta metodología supone un medio valioso en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la observación, reflexión e investigación, mediante el cual el docente puede realizar la conexión con los textos académicos.

Llamas et al. (2010) plantearon la enseñanza de la Microbiología desde las problemáticas con las que se enfrentaron los microbiólogos para resolver los problemas que afectaban a la Sociedad, y en correlación a ello, el entorno y los acontecimientos que rodearon los descubrimientos e invenciones.

Asumir el compromiso de la enseñanza de las ciencias en la Universidad, en particular de la Microbiología, se asocia a la exploración de la flexibilización de estructuras académicas, estrategias de enseñanza y contextos de aprendizaje, y evolucionar hacia su integración como parte importante para el desarrollo de competencias de los alumnos.

PARTE III

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El trabajo de campo se desarrolla en los siguientes tres capítulos. En el capítulo 6 se describe el procedimiento de investigación, los sujetos participantes y los instrumentos utilizados en el estudio realizado, atendiendo a las características de su aplicación. En el capítulo 7 se presenta la investigación realizada sobre el desempeño de los alumnos en la elaboración de los diagramas en V luego de cada trabajo práctico de laboratorio y la evaluación del rendimiento académico en tales trabajos prácticos. En el capítulo 8 se presenta la investigación realizada acerca de la influencia del empleo de los diagramas en V sobre la visión de los alumnos respecto a la Naturaleza de la Ciencia.

CAPÍTULO 6

MATERIALES, MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Teniendo en cuenta los fundamentos teóricos planteados en los capítulos previos y los objetivos propuestos en esta investigación, se ha diseñado una propuesta didáctica y a partir de allí un estudio destinado a conocer la capacidad de los alumnos para elaborar diagramas en V en la asignatura universitaria Microbiología Ambiental y su influencia en la concepciones sobre la Naturaleza de las Ciencias.

Para atender al objetivo general de la investigación se diseñó una propuesta didáctica que responde al marco teórico en consideración, la cual se presentará en esta sección. Posteriormente, se presentarán los instrumentos utilizados para el estudio y las características del grupo de alumnos con los que se trabajó.

La investigación se plantea como una actividad de tipo exploratorio, en la que se caracteriza la influencia de un factor sobre una variable. A saber, el factor es el empleo del diagrama en V, el cual se evalúa su influencia sobre dos variables: una es el rendimiento académico y la otra es la visión de los alumnos sobre la Naturaleza de las Ciencias y la producción del conocimiento científico.

A continuación se describirá el procedimiento de investigación, en el que se presenta la propuesta didáctica diseñada, los sujetos participantes del estudio y los instrumentos utilizados para obtener los resultados.

1. Procedimiento de investigación

La investigación se inició a partir del objetivo de evaluar el impacto de una estrategia de enseñanza metacognitiva en la asignatura Microbiología Ambiental, mediante el uso del diagrama en V. Para abordar este objetivo se diseñó una propuesta didáctica en la cual se incorporó el trabajo con el diagrama en V a lo largo del cursado de tal asignatura, promoviendo la reflexión de los alumnos sobre la actividad científica y la Naturaleza de la Ciencia.

Considerando los presupuestos teóricos sobre los que se asienta esta investigación, la integración de esta estrategia metacognitiva en la estructura de la asignatura requirió de la reorganización de la dinámica de trabajo con los alumnos en los trabajos prácticos de laboratorio y su soporte en los espacios áulicos. Se contemplaron las 16 semanas en las que se desarrolla el cursado cuatrimestral, y las 6 horas semanales disponibles para el trabajo en aula y laboratorio con los alumnos.

La propuesta didáctica se diseñó de modo transversal al desarrollo de las 8 unidades del programa analítico de la asignatura Microbiología Ambiental. Dicho diseño se basó en el modelo instruccional ausubeliano (Chrobak, 2010) presentado en la Figura 4.

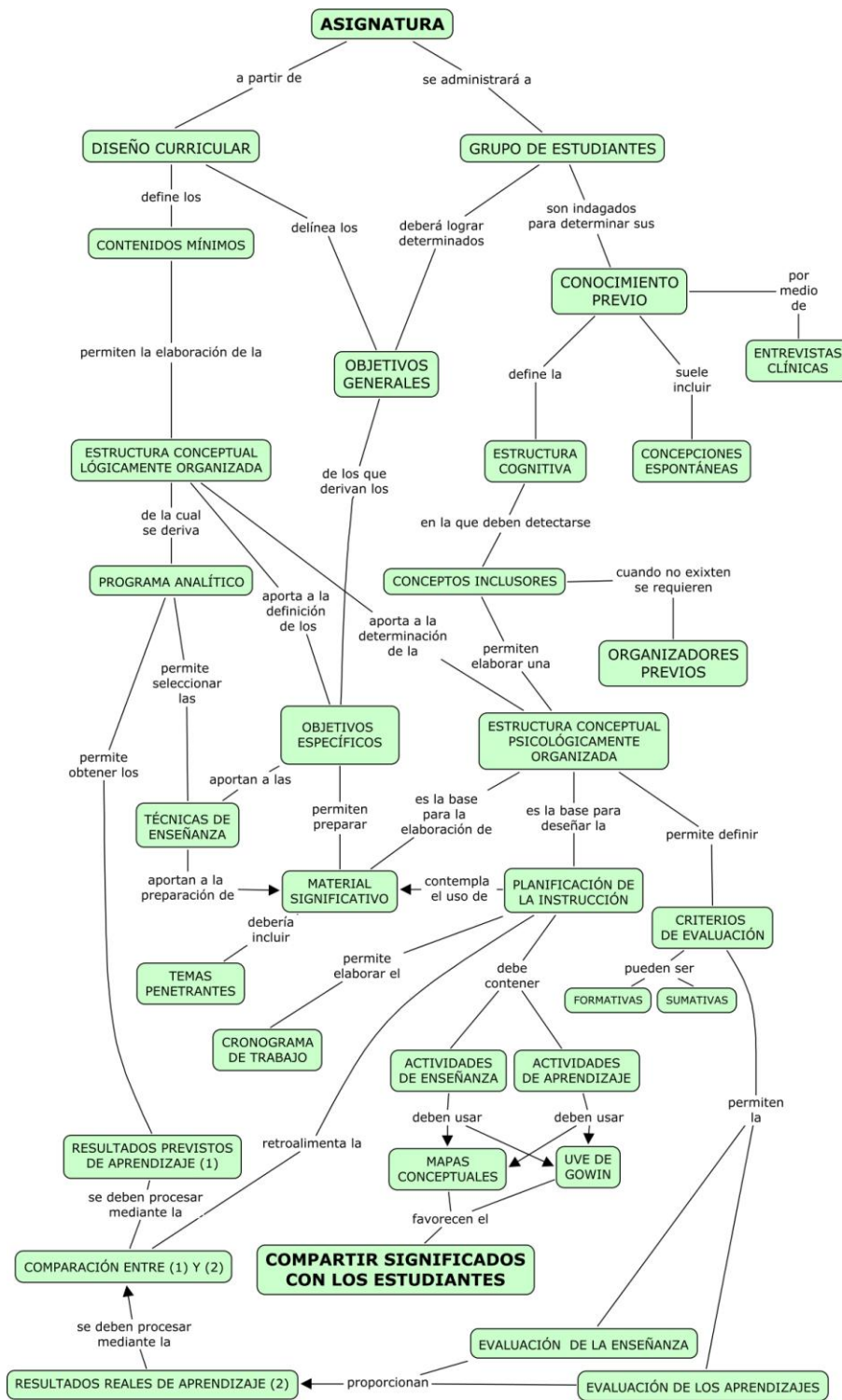


Figura 4. Mapa conceptual de un modelo instruccional ausubeliano. Fuente: Chrobak (2010).

La asignatura está orientada al conocimiento de las funciones de los microorganismos en ambientes naturales, su rol en aplicaciones biotecnológicas, y como indicadores de calidad ambiental. Cada unidad del programa tiene asociada una o más actividades que se desarrollan los denominados trabajos prácticos de laboratorio (TPL). Las actividades de TPL consisten en aplicación de una técnica de análisis microbiológico para estudiar el ambiente desde el aspecto microbiológico.

El empleo del diagrama en V en cada TPL persiguió la finalidad de que el alumno explore los diferentes elementos epistemológicos de la ciencia en la producción del conocimiento científico. Y, de esta forma, a medida que va construyendo el diagrama en V el alumno visualice la formación de su propio conocimiento, pensando en su propio proceso de aprendizaje.

Las clases se distribuyeron en: clases teóricas, TPL y seminarios. Si bien la consigna para el trabajo con el diagrama en V implicó su elaboración de modo individual, las actividades desarrolladas en el laboratorio, la realización de técnicas microbiológicas, lectura e interpretación de resultados fueron de carácter grupal.

Durante la presentación de la propuesta se verán secciones de “clases teóricas”, a las cuales en el programa analítico de la asignatura se le destinan 3 horas semanales. Será necesario evitar la asociación “clase teórica” con “clase magistral”. Esta última se caracteriza por el rol del profesor como experto en la temática, que expone un discurso en el cual no suele tomar registro de la forma en la que los alumnos van recibiendo la información. Las clases magistrales han sido una práctica ampliamente discutida por las corrientes didácticas contemporáneas a partir del cual se ha propuesto una renovación y mejora de la actividad docente en clases de ciencias (Campanario, 2003).

Esta propuesta planteada contiene momentos de clases teóricas, los cuales se tratan de un momento de trabajo en el espacio áulico entre el docente y los alumnos. En estos encuentros el docente trabaja sobre el marco teórico de la asignatura, aportes actuales a la ciencia, avances en la investigación, comentarios sobre científicos referentes en la temática tanto contemporáneos como pertenecientes a la Historia de la Ciencia, la relación entre Ciencia, Sociedad y Tecnología, y aplicaciones de la Microbiología Ambiental en el futuro campo laboral de los alumnos. Es un espacio en el cual los alumnos acceden al material de estudio en formato de libros, publicaciones científicas, revistas, manuales, páginas web. En estas clases el profesor guía y contribuye al abordaje teórico del tema, destinando momentos de lectura, de análisis de textos informativos, como también la práctica de interconexión entre temas abordados previamente y los que vendrán a continuación. Se promueve el trabajo activo de los alumnos mediante actividades de lectura y escritura en clase, elaboración de textos, discusión de ideas y exposición oral. Para esto último se destinan también las actividades de seminario, las cuales no serán abordadas en esta propuesta didáctica, ya que se realizan con posterioridad a la elaboración de diagramas en V.

A continuación se describe la dinámica de trabajo en la que se produce la integración de las clases teóricas y los TPL, cuyo esquema se repite a lo largo de las diferentes unidades del programa analítico. En esta integración juega un rol principal el diagrama en V dado que los sucesivos pasos para su elaboración transcurren a medida que se desarrollan ambas actividades.

El desarrollo y organización de las actividades se describe en etapas. Cada una de las etapas consiste en un encuentro y persigue un objetivo. La etapa “tarea individual-extra

áulica” no requiere encuentro y se realiza entre dos encuentros consecutivos. Las etapas son las siguientes:

- Clase teórica (en el aula) #1 → Actividad académica: Presentación del tema y abordaje general de la unidad que se inicia. Explicaciones de conceptos y marco teórico por parte del docente. Para concluir la clase se explica el TPL asociado a esta unidad, a iniciarse en el siguiente encuentro.
- Tarea individual-extra áulica → Actividad: estudiar el material didáctico, capítulo del manual, correspondiente al TPL a realizar. Primer paso del diagrama en V: pensar y elaborar la pregunta central.
- Clase de trabajo práctico en el laboratorio: TPL #1 → Actividad académica: recolección de muestra ambiental. Preparación del laboratorio e inicio del procesamiento de la muestra y análisis microbiológico. El material sembrado se deja en proceso de incubación. Segundo paso del diagrama en V: descripción de los objetos y/o eventos del estudio.
- Clase teórica (en el aula) #2 → Actividad académica: Lectura de una publicación científica del tema en estudio. Discusión e intercambio de ideas al respecto en la clase. Tercer paso del diagrama en V: elaboración del eje conceptual.
- Clase de trabajo práctico en el laboratorio: TPL #2 → Actividad académica: Lectura de resultado de análisis microbiológico. Debate de resultados obtenidos por los diferentes grupos y correspondientes muestras analizadas. Cuarto paso del diagrama en V: Se inicia el desarrollo del eje metodológico, elaboración de “Registros” y “Transformaciones” a partir de la observación de los resultados.

- Tarea individual-extra áulica → Actividad consiste en completar el quinto paso del diagrama en V: A partir de los registros tomados y su transformación la obtención de resultados, los alumnos realizan su interpretación y debate entre los grupos. A continuación cada alumno elabora las afirmaciones de conocimiento, para dar respuesta a la pregunta central elaborada inicialmente. Y a partir de allí formular la afirmación de valor de acuerdo a su pensamiento crítico del tema en estudio.

En la Figura 5 se presenta este modelo organización de actividades, el cual se replicó en cada unidad didáctica del programa a lo largo del cursado.

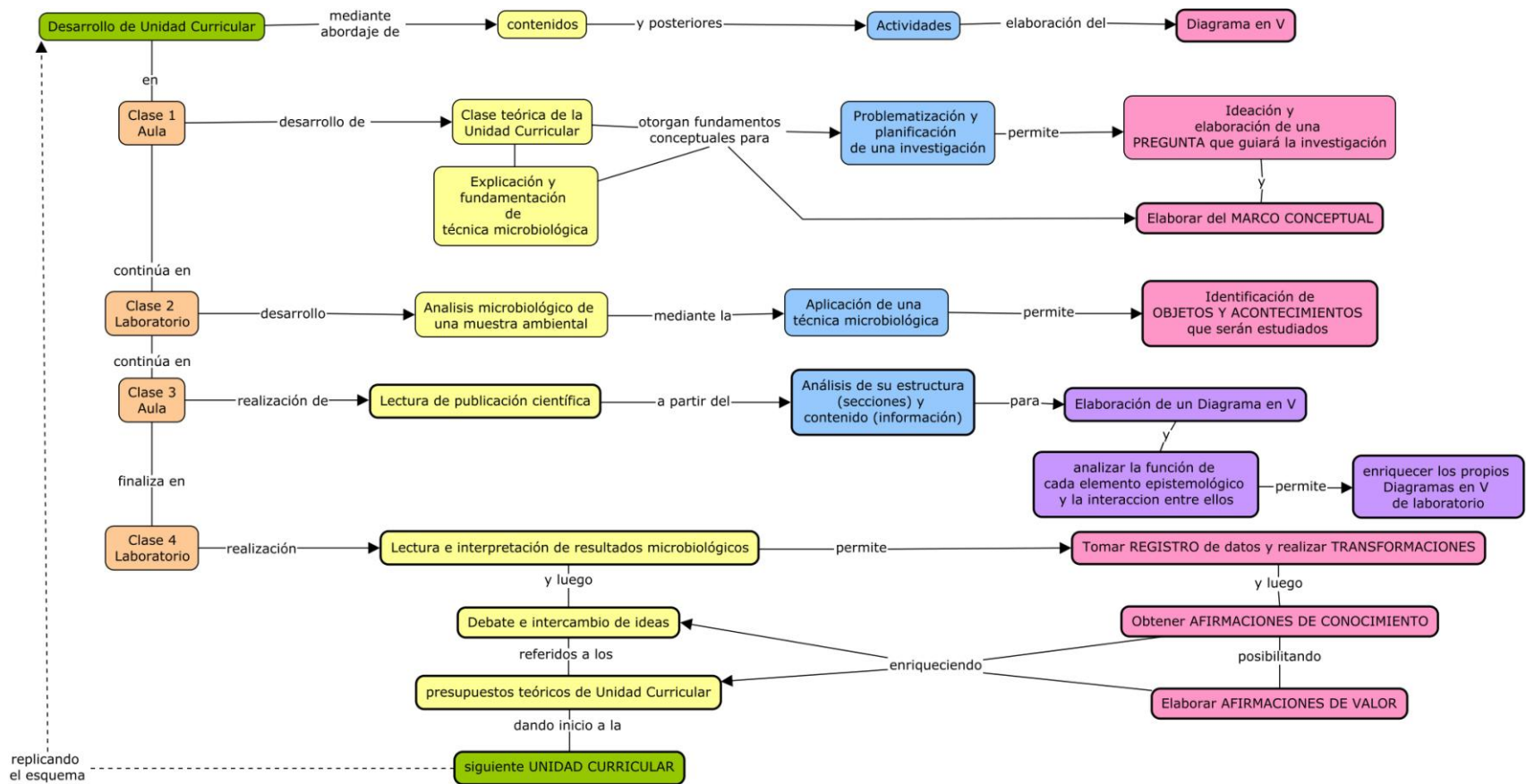


Figura 5. Modelo de actividades aplicado a cada unidad didáctica abordada. Fuente: Elaboración propia

Los TPL se desarrollaron en el Laboratorio I de la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Es un laboratorio de enseñanza, que de acuerdo al nivel de peligrosidad de los microorganismos que se manipulan y el nivel de Seguridad Biológica requerido, se encuentra bajo la clasificación de Laboratorio Nivel I según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005).

Para el abordaje de cada TPL la Cátedra elaboró un material didáctico, denominado “Manual de trabajos prácticos de Microbiología Ambiental II”. El mismo está compuesto por 11 capítulos sobre el estudio de diferentes aspectos de los microorganismos del agua, suelo y aire. En el anexo 1 se presenta un capítulo del Manual de Trabajos Prácticos a modo de ejemplo: el Capítulo 2 “Recuento en placa de bacterias heterótrofas aerobias mesófilas totales en agua”.

La estructura de cada capítulo del Manual de Trabajos Prácticos contiene las siguientes secciones:

- 1.- Objetivo: describe la meta que se pretende alcanzar al aplicar la técnica microbiológica en cuestión en una muestra ambiental. Este objetivo no responde a una meta académica o de habilidades que se pretenda que alcance el alumno.
- 2.- Introducción: consiste en la estructura del conocimiento, conceptos, principios y teorías, en torno a las cuales se requiere realizar un estudio microbiológico de una muestra ambiental, en un contexto determinado. Esta sección además contiene el fundamento de la técnica a desarrollar y otorga herramientas para la interpretación de los resultados.

3.- Nombre de la técnica microbiológica y procedimiento: describe los pasos y los materiales necesarios para realizar el análisis microbiológico. Describe los cuidados que se deben tener respecto a la salud del operador, conocido como Bioseguridad, para mantener la integridad de la muestra y obtener fiabilidad en los resultados. Además, se detallan las características y composición química del medio de cultivo específico a utilizar, dado que el mismo depende del tipo de microorganismo a analizar. Se explica la técnica microbiológica, la obtención del inóculo y las condiciones de siembra e incubación del cultivo.

4.- Interpretación de los resultados: describe los elementos a observar en los cultivos o ensayos realizados, para cuyo caso en algunas ocasiones es necesario recurrir a elementos estandarizados y validados, como: tablas, cálculos, u otras herramientas. A partir de las mismas se obtiene la información del comportamiento o característica de los microorganismos en estudio.

5.- Bibliografía: Se concluye el capítulo con la bibliografía de consulta que aborda los conocimientos en el que se enmarca el estudio microbiológico y para ampliar conocimiento de la técnica microbiológica.

Por cada unidad académica a desarrollarse, con un TPL asociado, los alumnos debían elaborar un diagrama en V. Las unidades para las cuales se elaboraron diagramas en V estuvieron referidas a la Microbiología del aire, del agua y del suelo, correspondiendo a los siguientes TPL:

1. Determinación de microorganismos del aire (ver Figura 6).
2. Recuento de bacterias heterótrofas en agua (ver Figura 7).

3. Recuento de microorganismos coliformes indicadores de contaminación fecal del agua.
4. Pruebas bioquímicas para la identificación de enterobacterias.
5. Determinación de la susceptibilidad de enterobacterias frente a los antibióticos.
6. Recuento de bacterias heterótrofas en el suelo.

Para la evaluación de los conocimientos adquiridos por los alumnos y cumplir con la acreditación de la asignatura se tomaron dos parciales a lo largo del cuatrimestre. En cada uno se evaluó el aprendizaje de las unidades del programa analítico abarcadas hasta el momento. Las consignas y preguntas de los parciales abordaron temas referidos a los contenidos teóricos y temas relacionados a los TPL. En la sección 3 del presente capítulo se detallarán los parciales escritos como instrumento de medición de resultados.

Eje conceptual

Cosmovisión: Los microorganismos se encuentran presentes en todos los ambientes. En el aire no se desarrollan ni reproducen pero si los transporta, sobretodo a las bacteria y esporas de hongos. Por ello la Higiene (limpieza y desinfección) del ambiente es muy importante para evitar problemas de salud

Teorías y principios: Los microorganismo que se encuentran en el aire proviene de ambientes terrestres, acuáticos o pertenecen a la FMN de las personas. Por eso al hablar, toser o tocar objetos, los microorganismo que pertenecen a la FMN pasan a otro ambiente usando al aire como transporte. La cantidad de MO. También depende del clima, altitud, estación del año y demás. Aun así, son los responsables de gran cantidad de enfermedades, alergias y alteraciones en los alimentos.

Conceptos: Entonces para poner en evidencia a los microorganismo que se encuentran en el aire se le deben dar las condiciones optimas para su desarrollo. Es decir la temperatura, el alimento, la cantidad de oxígeno y de carbono que sea necesario.

¿El ambiente cerrado de la Facultad posee gran presencia y concentración de bacterias y hongos?

Eventos u objetos:

Muestra ambiental trabajada: fotocopiadora FaCiAS, manija de la puerta de vidrio y cocina.
 Técnica empleada: análisis de esporas de hongos y bacterias por sedimentación (se dejan destapadas las placas de Petri), análisis de superficies planas por medio de placas de contacto RODAC y método del hisopo para superficies no planas.
 Materiales: placas de Petri, placas RODAC, hisopos, espátula de Drigalsky, pipeta automática, Tips, agar nutritivo y agar Saboureaux Glucosado, papel aluminio,, etc.

Eje metodológico

Afirmaciones de valor: en un ambiente cerrado hay probabilidades de encontrar gran cantidad de microorganismo debido a la falta de ventilación, los cuales podrían ser patógenos. Entonces se debería tener cuidado al entrar en contacto con las superficies o al inhalar el aire.

Afirmaciones de conocimiento: El resultado de las incubaciones fue lo especulado. Se formaron gran cantidad de colonias de bacterias en la muestra tomada en la fotocopiadora, aunque en los otros sitios de muestra el desarrollo fue escaso o no hubo. En cambio, el desarrollo de hongos se generó en todos los sitios de muestra. Lo que afirma que en el ambiente cerrado de la facultad hay una concentración elevada de hongos y bacterias.

Transformaciones: tiempo de incubación 7 días a 20 °C

	Método por Sedimentación (Fotocopiadora FaCiAS)		Método de placas de contacto con agar nutritivo, en superficies planas (mesada de la cocina)- superficie de 25 cm ²	Método del hisopo en placas de Petri con agar Nutritivo, para superficies no planas (manija de la puerta de vidrio)- superficie 9cm ²
	AGAR NUTRITIVO	AGAR SABOUREAU GLUCOSADO		
HONGOS	6 hongos pequeños	11 hongos muy desarrollados	1 hongo muy desarrollado que cubrió toda la placa RODAC, impidiendo el conteo	5 hongos bastante desarrollados
BACTERIAS FORMADORA DE COLONIAS	58 UFC	Sin desarrollo	Sin desarrollo visible	0,2 UFC/cm ²

Registros: -Se analizaron las esporas de hongos y bacterias por sedimentación, utilizando las placas de Petri con su respectivo agar nutritivo y agar Saboureaux. Las placas de Petri se dejaron destapadas por 40 minutos en la fotocopiadora de FaCiAS. Se desarrolló gran cantidad de colonias de bacterias y hongos.
 -Utilizando la placa RODAC, se presiono la superficie de la mesada de la cocina para que tenga contacto con el agar Nutritivo. El conteo de UFC no se pudo realizar ya que se formo un hongo que cubrió toda la placa,

-Utilizando el hisopo empañado con solución salina, se frotó la manija de puerta de vidrio en una superficie de 9 cm², delimitada por papel aluminio estéril. Luego ese hisopo se volvió a colocar en solución salina. Después de 15 minutos se sembró 0,1 ml de dicha solución en una placa de Petri con agar Nutritivo por extensión de la superficie. Se desarrollaron solo 2 colonias de bacterias y 5 hongos.

En los tres tipos de análisis la incubación fue por siete días a temperatura ambiente (20°C - 25°C)

Figura 6. Ejemplo de Diagrama en V de TPL "Determinación de microorganismos del aire". Fuente: Elaborado por alumnos.

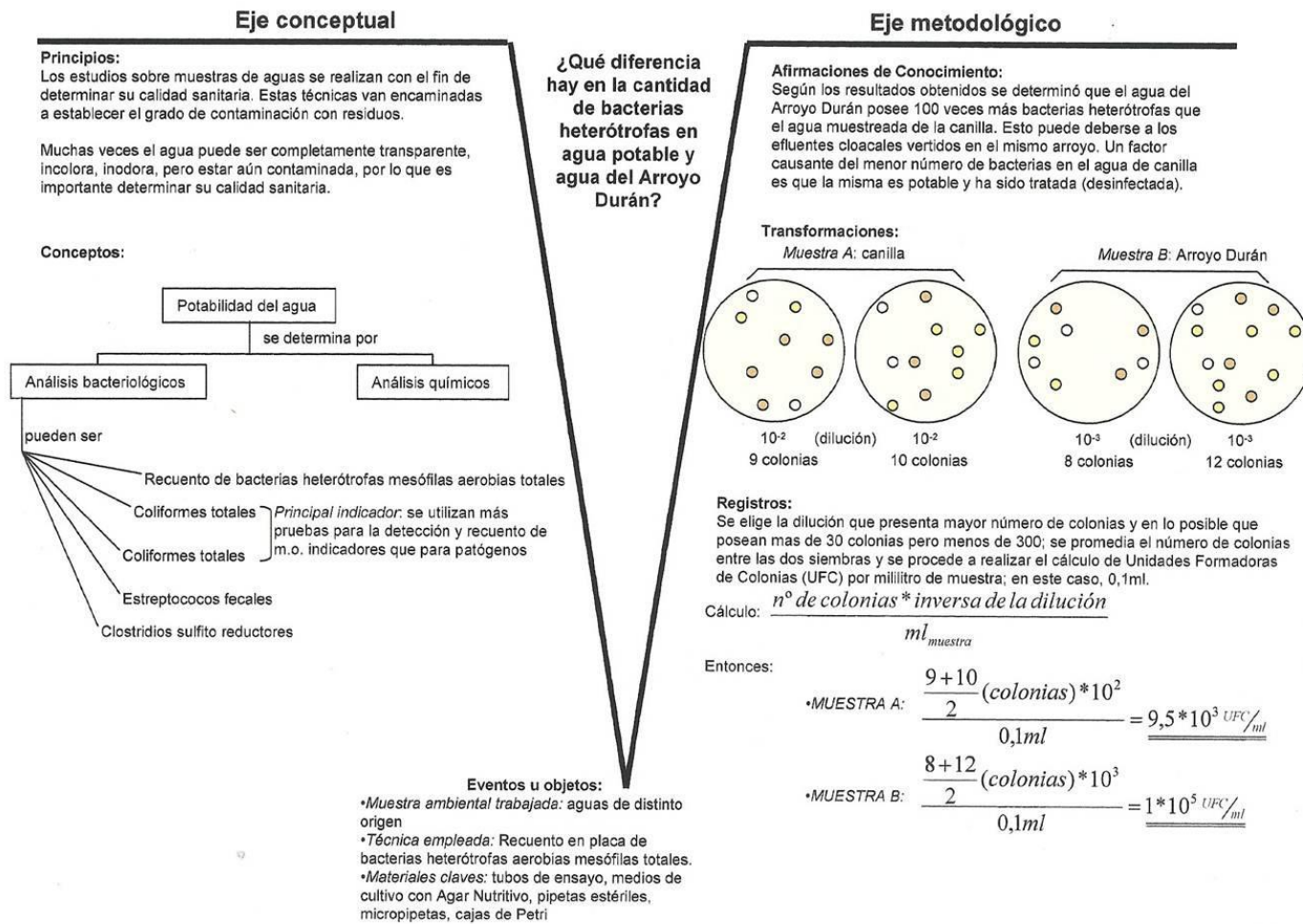


Figura 7. Ejemplo de Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua". Fuente: Elaborado por alumnos.

2. Sujetos participantes

El grupo de los alumnos que participó en esta investigación fueron aquellos que formaron parte de la nómina de alumnos inscriptos en la asignatura Microbiología Ambiental, cohorte 2017. La muestra quedó conformada por aquellos alumnos a partir de los cuales se obtuvo la totalidad de los instrumentos de estudio, resultado en un grupo de 18 alumnos. Se trata de una muestra no probabilística, de tipo de muestreo consecutivo.

El tamaño de la muestra de este estudio es considerado representativo respecto al número de alumnos que cursa regularmente la asignatura Microbiología Ambiental. En los últimos 5 años el curso osciló entre 19 y 22 alumnos, de los cuales el 100 % aprobó la asignatura. Los sujetos participantes de este estudio en su mayoría son mujeres, abarcando el 61 % de la muestra. La edad promedio es de 22 años. El 16 % del grupo ha iniciado y posteriormente abandonado otra carrera.

La totalidad del grupo cumple con el requisito de acreditar las asignaturas correlativas a Microbiología Ambiental. Además, el 16 % cuenta con el cursado de Metodología de la Investigación, cuyo cursado es posterior a la asignatura objeto de este estudio.

3. Instrumentos de estudio

Se utilizaron cuatro instrumentos para la recolección de datos: grilla para la puntuación de diagramas en V, rendimiento académico en los exámenes parciales escritos de los TPL, cuestionario para la identificación de concepciones sobre Ciencia y encuestas abiertas. A continuación se describe cada uno.

A. Grilla para la evaluación de los diagramas en V

Para otorgarle un puntaje a cada diagrama en V elaborado por los alumnos, se procedió a la valoración de los elementos epistemológicos. Para ello se elaboró una grilla, un instrumento adaptado a partir de la vinculación de las metodologías propuestas por Chrobak (2010) y por Chamizo e Izquierdo (2007). Este instrumento consiste en una guía para asignar valor numérico a cada elemento epistemológico que compone el cuerpo de conocimientos que representa el diagrama en V. La valoración es en función a la interrelación de cada elemento con los demás y su representación en el diagrama en V. Dicha valoración permite dar noción del dominio de los elementos epistemológicos del diagrama en V elaborado.

Chrobak (2010) describe detalladamente el criterio de evaluación otorgando un puntaje a cada elemento epistemológico en interacción con los demás elementos del diagrama en V. Considerando que en dicho instrumento algunos elementos se puntuaban del 0 al 3, y otros alcanzan el valor 4. En este trabajo se propuso una modificación, buscando la uniformidad en la escala de valoración de cada elemento. Para tal fin se consultó una escala de valoración de los diagramas en V propuesta por

Chamizo e Izquierdo (2007), en la que con menor detalle describe los diferentes niveles que puede presentar cada elemento epistemológico del diagrama en V, valorando con una escala de 0 a 3.

En el instrumento de valoración propuesto, cada elemento se valora con un puntaje entre 0 y 3. A mayor desarrollo del elemento, e interrelación con los demás elementos del diagrama en V, corresponde un puntaje más elevado, en tanto que la ausencia del elemento lleva asignado una valoración de 0 (cero). Por lo tanto, la suma algebraica de la valoración de los 6 elementos del diagrama en V (pregunta central, objetos y eventos, eje conceptual, registros y transformaciones, afirmaciones del conocimiento y de valor) oscila en el rango de 0 a 18.

En el anexo 2 se presenta el criterio de evaluación considerado para establecer el puntaje de los elementos epistemológicos de los diagramas en V elaborados.

B. Rendimiento académico

Para analizar y cuantificar la variable “rendimiento académico”, se tomó en cuenta el puntaje obtenido en los exámenes parciales escritos realizados a lo largo del cuatrimestre. Los temas evaluados fueron los correspondientes a las unidades desarrolladas en las clases teóricas como TPL. Dado que los diagramas en V estaban desarrollados en base a las actividades de los TPL, se consideraron solamente las preguntas relacionadas a los mismos, las cuales se presentan en el anexo 3.

El puntaje otorgado varía de 0 a 1, siendo 0 el valor más bajo, y 1 el máximo posible. El criterio de puntuación se relaciona al porcentaje de la pregunta que alcanzó a ser respondido por el alumno.

De esta forma, luego de cada parcial se registró el puntaje obtenido en cada consigna relacionada a cada TPL. Además, se promedió el total del puntaje de las preguntas de todos los TPL, para una calificación promedio por alumno.

C. Cuestionario para identificación de concepciones sobre Ciencia

Este instrumento se confeccionó a partir de un cuestionario validado por otros autores. Se utilizó el *Cuestionario para identificación de concepciones sobre ciencia, modelos y modelado científico en el contexto de la Física* (Vasques, Solano, Eliane y Lang da Silveira, 2011). Se seleccionaron los ítems del cuestionario relacionados al objetivo de esta investigación: 27 afirmaciones relacionadas a Naturaleza del Conocimiento Científico (NCC), Construcción y Validación del Conocimiento Científico (CVCC).

Este cuestionario está diseñado con la escala de Likert, una herramienta de evaluación que permite medir actitudes y conocer el grado de conformidad del encuestado con la afirmación propuesta.

En el anexo 4 se presenta el cuestionario empleado para la identificación de las concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia. En la misma se identifica el tema correspondiente a la afirmación de cada ítem: NCC o CVCC, el número del ítem en el cuestionario, la afirmación y la escala de concordancia. Los asteriscos identifican los ítems cuyas respuestas fueron codificadas atribuyéndoles valor 1 para “Muy de acuerdo”, 2 para “de acuerdo”, 3 para “Indeciso”, 4 para “en desacuerdo” y 5 para “muy en desacuerdo”. Las respuestas en los demás ítems (aquellos que se encuentran sin el

asterisco) fueron codificadas de modo invertido. El cuestionario fue presentado a los encuestados sin la identificación de los temas (primera columna), ni los asteriscos.

El cuestionario *Cuestionario para identificación de concepciones sobre ciencia, modelos y modelado científico en el contexto de la Física* ha sido expuesto al proceso de validación como instrumento, en el que se detectó correlación entre las concepciones sobre ciencia en general y modelado científico. Mediante el Análisis Factorial realizado para su validación se determinaron dos factores: Ciencia 1 y Ciencia 2. Este análisis fue complementado por otro Análisis Factorial por el Método de Múltiples Grupos de Thurstone (Vasques et al., 2011).

El factor “Ciencia 1” agrupa las afirmaciones 01, 03, 04, 06, 07,10, 11, 12, 14, 15, 17, 19, 20, 23, 25 y 27. Mientras que el segundo factor, “Ciencia 2”, agrupa las afirmaciones 05, 08, 09, 13, 16, 18, 21, 22, 24, 26.

A partir de la estimación del coeficiente de correlación entre los dos factores y coeficiente de confiabilidad de cada factor se puso de manifiesto que un factor suministra información parcialmente independiente del otro factor.

Los significados de cada factor identificado en las afirmaciones sobre Ciencia son:

- Ciencia 1: La ciencia no se rige por las concepciones empiristas-inductivistas.
- Ciencia 2: El conocimiento científico es construido, falible y corregible. La experiencia es insuficiente como criterio de validación y depende de presupuestos teóricos.

En el factor “Ciencia 1” las afirmaciones abordan sobre: relación entre teoría y realidad, falibilidad del conocimiento científico, provisionalidad y progreso del

conocimiento científico. En el otro factor “Ciencia 2” se aborda: la importancia de los presupuestos teóricos en la observación y/o experimentación, el papel de la comunidad científica, confrontación entre resultados teóricos y experimentales, la metodología científica.

La media aritmética de los puntajes del entrevistado en las afirmaciones relativas al factor superior a 3 indica que el entrevistado concuerda con el contenido explícito en el factor. Cuanto más próximo a 5 (puntaje máximo posible) mayor es la concordancia y, por lo tanto, indica una concepción de Ciencia en conflicto con la epistemología empirista-inductivista. Una puntuación total media inferior a 3 indica discordancia con el contenido explícito en el factor. Cuanto más próximo a 1 (puntaje mínimo posible), mayor es la discordancia.

La validación de este instrumento mostró que las concepciones sobre Ciencia en general están fuertemente relacionadas a las concepciones sobre modelos y modelado científico en el contexto de la Física. Esto sugiere que estrategias didácticas basadas en elementos presentes en el proceso de modelado científico pueden servir como punto de partida para una comprensión adecuada de la actividad científica por parte de los alumnos.

D. Encuestas abiertas

Se realizó una encuesta abierta para identificar las percepciones de los alumnos respecto al empleo del diagrama en V en el TPL, sus dificultades y las habilidades que consideraron haber desarrollado luego de este proceso. En el anexo 5 se presenta el modelo de encuesta realizada.

En el modelo de encuesta se puede observar que cada alumno podía expresar aspectos positivos y negativos vivenciados en el momento de elaborar los diagramas en V a lo largo de la asignatura. Además, se solicitó que identifiquen el elemento epistemológico frente al cual se le presentaron dificultades para resolverlo y que comenten al respecto.

4. Análisis e interpretación de los resultados

A partir de los resultados obtenidos en cada uno de los dos estudios se realizaron los análisis estadísticos que se indican a continuación:

En el Primer Estudio para la interpretación del nivel de desarrollo de los diagramas en V y sus elementos epistemológicos se recurrieron a análisis de frecuencia, (absoluta y relativa), y análisis de promedios determinando sus correspondientes desvíos estándar. A continuación se evaluó la relación entre las siguientes variables: nivel de desarrollo de los diagramas en V (variable 1) y rendimiento académico en los TPL (variable 2). Para ello se determinó el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre variables 1 y 2.

En el Segundo Estudio se analizó el índice de concepción sobre la ciencia, arrojado por el análisis del cuestionario NCC y CVCC, determinado como el grado de concordancia con las afirmaciones sobre los factores “Ciencia 1” y “Ciencia 2”. Este índice se evaluó como variable respuesta en dos momentos: momento inicial (previo a la aplicación de la propuesta didáctica) y momento final (posterior a la propuesta didáctica). Los datos se sometieron a análisis de la varianza de una vía (ANOVA one-way) y posteriormente el test de Tukey, con un nivel de significancia del 0,05. Las apreciaciones de los alumnos respecto al empleo de Diagramas en V se evaluaron mediante análisis de frecuencia relativa de los datos expresados en las encuestas.

Los análisis estadísticos correspondientes a ambos estudios se realizaron mediante la utilización del programa STATISTICA 7.1 (StatSoft., 1984-2006).

CAPÍTULO 7

PRIMER ESTUDIO. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS EN V Y RENDIMIENTO ACADÉMICO

1. Objetivos

A partir de la propuesta didáctica planteada del empleo del diagrama en V en Microbiología Ambiental en la Universidad, en este primer estudio se abordarán dos objetivos específicos:

- A. Analizar el desarrollo de los elementos epistemológicos de los diagramas en V elaborados en los TPL de Microbiología Ambiental.
- B. Relacionar nivel de desarrollo alcanzado en los diagramas en V con el rendimiento académico de los TPL.

Se describirán, a continuación, los principales resultados obtenidos en referencia a estos objetivos y las discusiones alcanzadas.

2. Principales resultados

En esta sección se presentarán los resultados obtenidos en relación a responder a los objetivos del estudio. En primer lugar se analizarán los elementos epistemológicos desarrollados en los diagramas en V de cada TPL de los alumnos universitarios que aprenden Microbiología Ambiental. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos del estudio de la relación entre el nivel de desarrollo del diagrama en V y la calificación final asignatura obtenida por cada alumno, a fin de comprender la interrelación o no entre ellas.

A. Nivel de desarrollo alcanzado en los Diagramas en V elaborados en los TPL de Microbiología Ambiental

A lo largo del cursado de Microbiología Ambiental se realizaron seis TPL, en cada uno de los cuales cada alumno ($n = 18$) elaboró un diagrama en V, dando como producto final 108 diagramas en V. En el anexo 6 se incluyen algunos ejemplos de diagramas en V elaborados por los alumnos, en los que se encuentran las valoraciones realizadas de los elementos epistemológicos y las indicaciones del docente hacia el alumno. Los elementos epistemológicos que conformaron cada diagrama obtuvieron valoraciones que podrían oscilar en el rango de 0 a 3. El puntaje por diagrama en V consistió en la sumatoria de las valoraciones de los seis elementos epistemológicos componentes del mismo, pudiendo asumir valores en el rango de 0 a 18. En el anexo 7 se encuentran las puntuaciones de los diagramas en V de cada alumno, correspondientes a cada uno de los 6 TPL.

A partir de los resultados obtenidos se evidenció que el puntaje de los diagramas en V osciló entre los 6 y 18 puntos. En la figura 8 se presenta la puntuación promedio de cada alumno, en la que se contemplaron los seis diagramas en V realizados ($n = 108$). El menor puntaje promedio hallado fue $8,66 (\pm 1,86)$, mientras que el más elevado fue $16,16 (\pm 2,04)$.

El puntaje promedio general considerando los seis diagramas en V de los 18 alumnos fue $12,44 (\pm 2,17)$. Considerando que este valor está dado por la sumatoria de los seis elementos epistemológicos, se podría indicar que en aquellos casos en los que se superó la puntuación 12, el promedio de cada elemento estuvo cercano a la valoración 2. El 55,5 % de los alumnos presentó tal situación.

$n = 108$

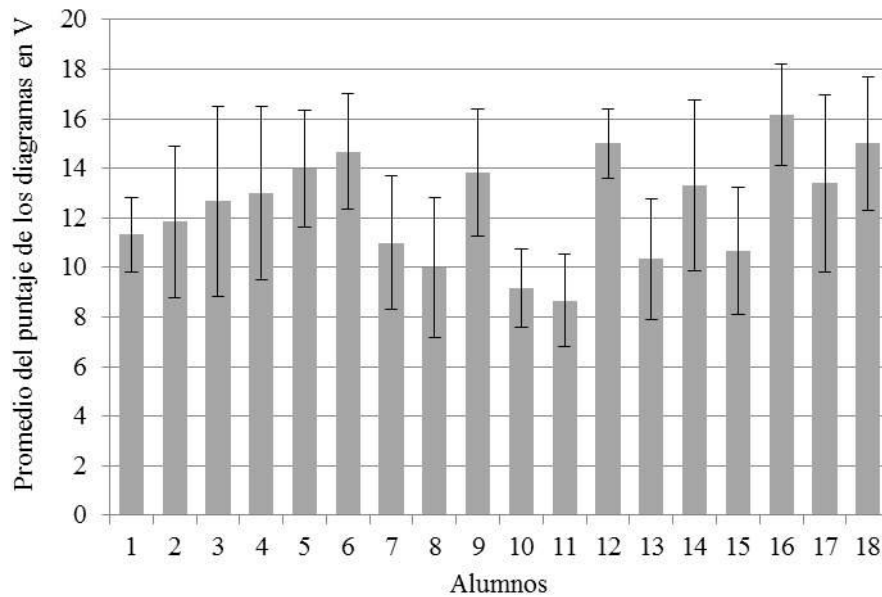


Figura 8. Promedio del puntaje obtenido en los diagramas en V de cada alumno.

Se seleccionaron los datos de valoración máxima (valor = 3) de cada elemento epistemológico como reflejo del dominio en la elaboración de los mismos para conformar el diagrama en V. Al respecto, se observaron resultados variables. En la Figura 9 se presenta la frecuencia relativa en la que se obtuvo dicha valoración en el total de diagramas en V analizados, discriminado por cada elemento epistemológico.

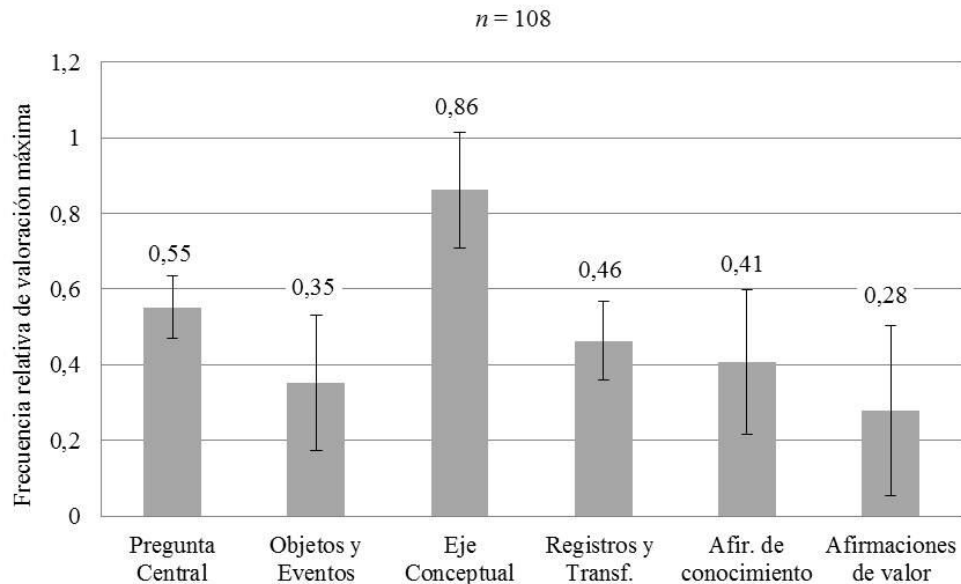


Figura 9. Frecuencia relativa de la obtención de valoración máxima en elemento epistemológico para el total de diagramas en V analizados.

El Eje Conceptual constituye el elemento con mayor frecuencia relativa en la obtención de valoración máxima (0,86), con diferencia significativa respecto a los demás elementos ($p = 0,000015$). En orden decreciente, ocupando el segundo lugar y sin diferencias significativas con los elementos restantes se ubica la Pregunta Central en la que se ha obtenido una frecuencia relativa de 0,55 en la valoración máxima. Continuando en orden decreciente, a este elemento le siguen: Registros y Transformaciones (0,46), Afirmaciones de conocimiento (0,41), Objetos y Eventos (0,35), quedando en último orden Afirmaciones de valor (0,28).

En la Figura 10 se observa el comportamiento de la obtención de la valoración máxima a lo largo de los seis TPL, discriminado en los seis elementos epistemológicos que componen el diagrama en V. Se puede distinguir las fluctuaciones en la capacidad de resolver favorablemente cada elemento.

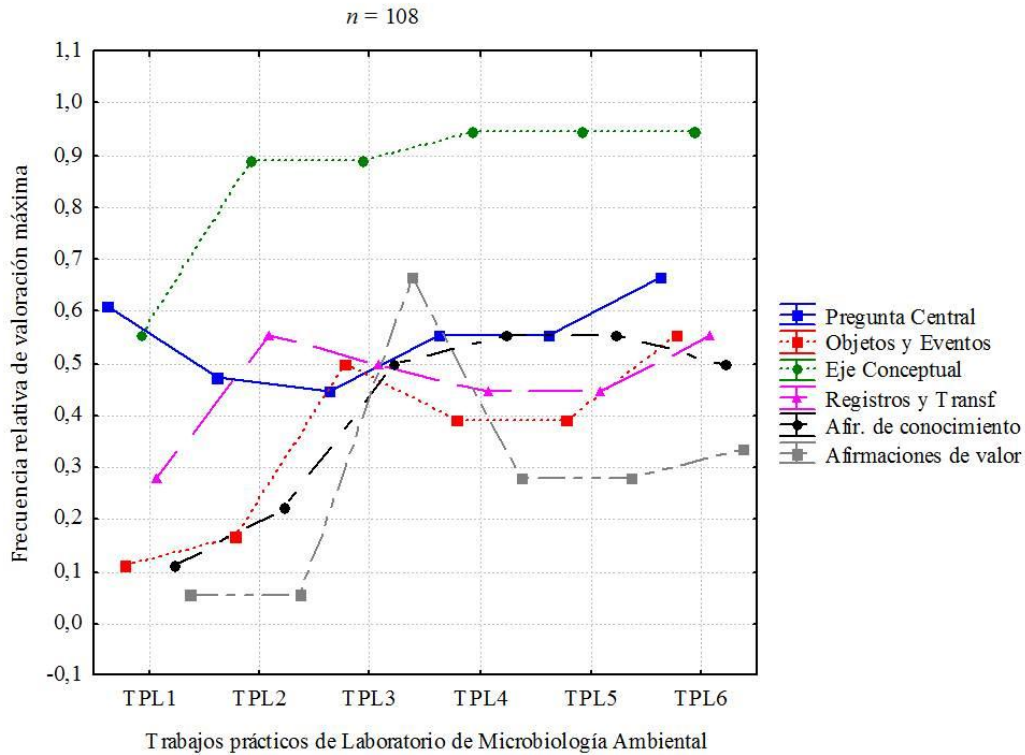


Figura 10. Frecuencia relativa de obtención de valoración máxima en los seis TPL.

La elaboración de la Pregunta Central en el primer TPL presentó un porcentaje elevado de máxima valoración. Sin embargo, en los dos TPL siguientes esa frecuencia relativa disminuyó (por debajo de 0,5), y fue mejorando nuevamente el dominio de este elemento en los últimos diagramas en V elaborados, en el que el 66 % logró alcanzar el valor = 3.

La obtención de la máxima valoración a lo largo de los seis TPL en el elemento Eje Conceptual muestra una marcada diferencia entre el primer y segundo TPL, manteniéndose constante a lo largo de los demás, en alto porcentaje (94 %).

Objetos y Eventos representó un elemento epistemológico que si bien fue resuelto y explicitado por el 100 % de los diagramas en V, la valoración máxima tuvo

fluctuaciones a lo largo de los TPL. Su dominio fue logrado a lo largo de los sucesivos diagramas en V elaborados. En el primer TPL el 11 % de los alumnos lograron resolverlo obteniendo la máxima valoración, aumentando al 55 % en el último TPL.

La valoración máxima de los elementos Registros y Transformaciones tuvo un comportamiento similar a Objetos y Eventos, dando noción de la interacción que hay entre estos elementos. En el primer TPL el 27 % de los alumnos lograron resolver este elemento con su máxima valoración, en tanto esta proporción se elevó posteriormente, finalizando en un 55 %.

Afirmaciones de conocimiento representó otro elemento que fue mejorando su dominio a lo largo de los TPL. Inicialmente el 11 % de los alumnos lograron desarrollarlo con la máxima valoración en el primer diagrama en V, mejorando en el siguiente. A partir del tercer TPL el 55 % de los alumnos elaboraron este elemento alcanzando la máxima valoración.

El elemento Afirmaciones de valor fue el elemento que representó mayor fluctuación respecto a la proporción de alumnos que lograron resolverlo favorablemente: resultando con baja frecuencia relativa (0,05) en los dos primeros TPL, pasando en el tercero a la frecuencia más elevada que alcanzó (0,66), volviendo a descender en los últimos tres TPL (entre 0,27 y 0,33).

Como se evidenció en los elementos epistemológicos, analizados en forma individual, el nivel de desarrollo en los diagramas en V tuvo una mejora progresiva a lo largo de los TPL. En la Figura 11 se presenta el puntaje promedio de los diagramas en V entre el total de alumnos alcanzado en cada TPL.

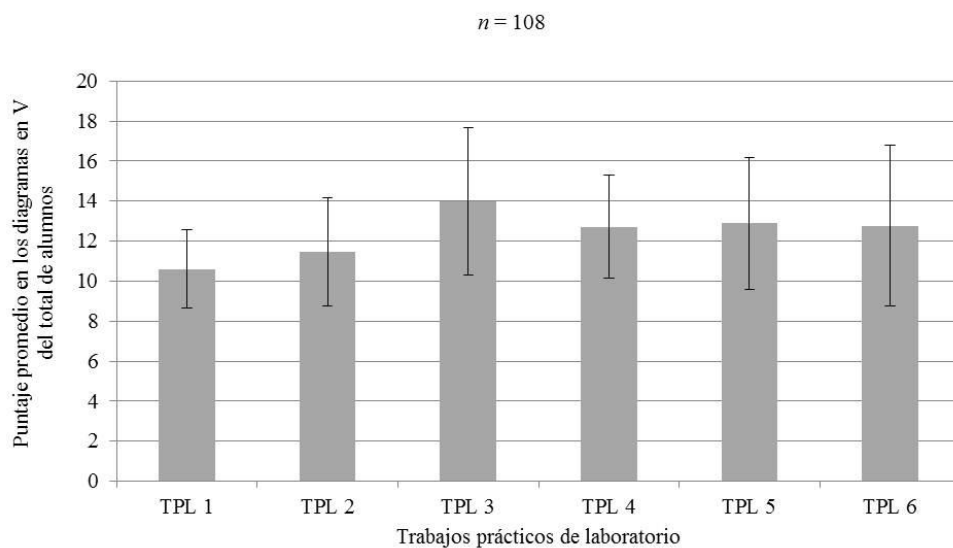


Figura 11. Puntaje promedio en los diagramas en V en los seis TPL

El promedio de puntuación de los diagramas en V en el TPL 1 fue de 10,61 ($\pm 1,94$), mientras que entre TPL 4 y el TPL6 estuvo cercado a 12,72 ($\pm 2,78$). En tanto, en el TPL 3 se observó el mayor promedio ($14 \pm 3,67$).

B. Relación entre el desarrollo de los diagramas en V y las calificaciones obtenidas en las instancias evaluativas de los TPL

A partir de los dos exámenes parciales escritos realizados en la asignatura para acreditar la aprobación del cursado, se registró el puntaje de cada alumno en los temas relacionados a la evaluación de los TPL. En el anexo 8 se presenta el registro del puntaje alcanzado por cada alumno en las preguntas de cada TPL.

El rendimiento promedio de cada alumno se representa en la Figura 12, el cual abarca un rango entre 0,43 y 0,93 puntos. El promedio general entre todos los alumno fue 0,742 ($\pm 0,125$) puntos. En dos casos (alumnos orden N° 11 y 15) el puntaje

promedio de TPL fue menor a 0,6. Para este estudio dicha situación se considera bajo rendimiento en los TPL, sin embargo el puntaje total de ambos exámenes parciales superó el mínimo necesario para aprobar la asignatura.

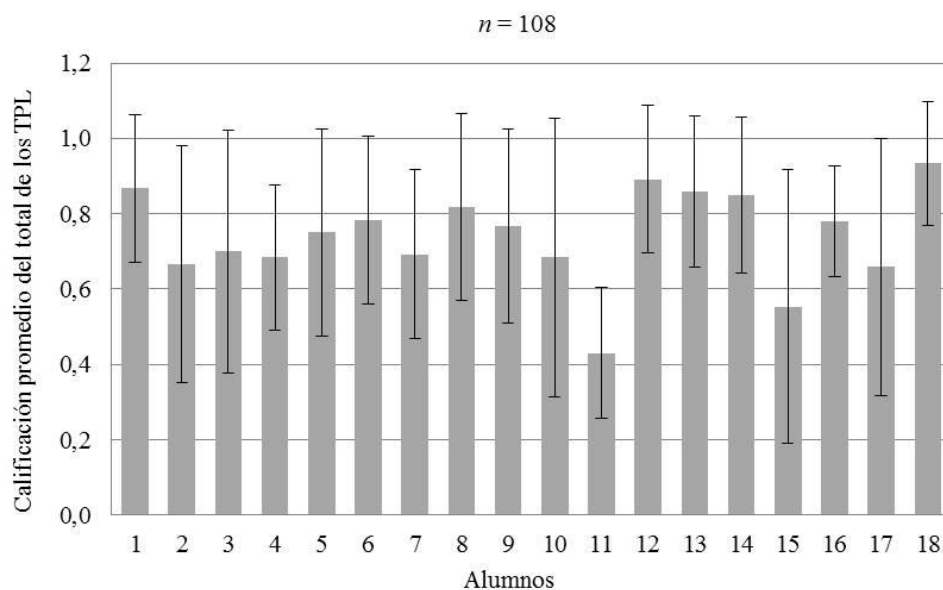


Figura 12. Calificación promedio entre los seis TPL por cada alumno.

Analizando el rendimiento grupal respecto a cada TPL, se observó que el mismo no fue constante ni marcó una tendencia (Figura 13). En los TPL 1 y 6 el promedio de las calificaciones superó el nivel de 0,8 puntos. Mientras que en el TPL 4: “Pruebas Bioquímicas para la identificación de enterobacterias” se encontró el menor rendimiento.

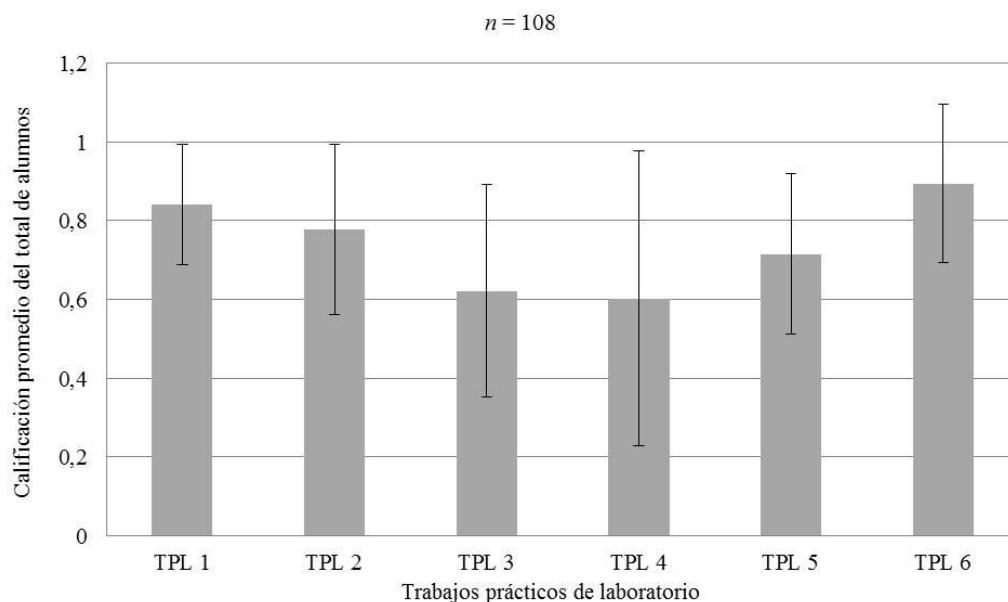


Figura 13. Calificación promedio de todos los alumnos en la evaluación de cada TPL

En relación a los resultados académicos, todos los alumnos de la cohorte 2017 aprobaron la asignatura. El rendimiento académico fue positivo, a pesar de calificaciones altas o bajas (mayor o menor puntaje), ya que el 100 % de los alumnos obtuvo un puntaje mayor a 6 (seis) en ambos exámenes parciales.

Respecto al análisis de regresión mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson, en primer lugar se probaron los supuestos del modelo. A partir de los mismos se estableció que los datos son independientes, la población sigue una distribución normal (Shapiro-Wilks, $p = 0,41$) y se asume homogeneidad de las varianzas (Test de Levene, $p = 0,05$).

Los resultados obtenidos del análisis de regresión entre las variables: 1) puntaje de los diagramas en V de cada TPL y 2) calificación obtenida en la instancia evaluativa del correspondiente TPL, se presentan en la Tabla 1. A partir de estos datos, se establece que no existe evidencia suficiente para indicar relación lineal entre las variables nivel de

desarrollo del diagrama en V y la calificación en el TPL correspondiente por cada alumno ($n = 18$).

Tabla 1

Análisis de correlación entre el rendimiento de los alumnos en la evaluación de cada TPL y su correspondiente diagrama en V

Diagrama en V ($n = 18$)	TPL	p^*	Coefficiente de correlación de Person (r)	Coefficiente de determinación (R^2)
1	1	0,9151	0,027	0,0007
2	2	0,1951	0,32	0,1026
3	3	0,1258	0,37	0,1402
4	4	0,3667	0,22	0,0512
5	5	0,2939	0,26	0,0686
6	6	0,3020	0,25	0,0664

Nota: (*) se designa p a la probabilidad correspondiente al estadístico de ser posible bajo la hipótesis nula, si cumple con la condición de ser menor al nivel de significancia ($<0,05$).

Los valores de los estadísticos p (diagramas en V de TPL 1 vs. Calificaciones TPL 1... n) obtenidos de la relación entre ambas variables en cada prueba han sido superior a 0,05 por lo cual no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de esta prueba (H_0 : no existe correlación lineal entre las variables). En cuanto a los coeficientes de correlación r arrojados en el análisis tomaron valores entre 0,027 y 0,37, mientras que R^2 también presentó valores pequeños (inferiores a 0,14).

3. Discusión y conclusiones del primer estudio

A continuación se interpretarán los resultados encontrados y se discutirán de acuerdo a los fundamentos teóricos expuestos en los capítulos iniciales.

A. Nivel de desarrollo de los elementos epistemológicos en los diagramas en V

Este primer estudio se inició planteando el objetivo específico de analizar el desarrollo de los elementos epistemológicos en los diagramas en V elaborados en los TPL de la asignatura universitaria Microbiología Ambiental. Mediante el análisis de los resultados se encontraron situaciones interesantes para discutir.

Los puntajes obtenidos en los diagramas en V indican que los alumnos han podido desarrollar sus elementos epistemológicos. Los porcentajes de obtención de máxima valoración indican la capacidad de estos alumnos para elaborar los elementos epistemológicos. Es importante destacar que la valoración máxima contempla además que el alumno logró interrelacionar el elemento en cuestión con los demás. En los casos en que obtuvieron menor valoración es relevante que los alumnos hayan realizado intento de elaborarlo. Esto demuestra que los alumnos se adaptaron a la dinámica de trabajo de la propuesta didáctica, elaborando los elementos epistemológicos que componen el diagrama en V en los espacios y momentos destinados para tal fin en el cronograma de actividades. Las correcciones realizadas por el docente fueron consideradas por los alumnos al momento de preparar los sucesivos diagramas en V.

Estos resultados se interpretan como positivos respecto a la ejecución de la propuesta didáctica y del trabajo académico en las clases, como así también al cumplimiento de la expectativa respecto a la aceptación de la herramienta de trabajo por parte de los alumnos.

Al tratarse de diagramas en V individuales cada alumno tuvo que hacer una elaboración propia de la perspectiva otorgada al TPL, sin embargo, la interpretación de los resultados de las actividades la realizaron con la colaboración entre compañeros. La comunidad de aprendizaje permite a los alumnos la oportunidad de aprender a través de la observación y colaboración entre pares utilizando herramientas comunes (Rogoff, 1994).

Respecto a los diagramas en V, se identificaron fluctuaciones en el nivel de desarrollo entre los alumnos, lo que indicaría diferentes rendimientos en la elaboración e interrelación de los elementos entre sí. Esta diferencia en el nivel de desarrollo podría estar relacionada a la motivación interna de cada alumno por completar de manera exitosa la actividad y haber logrado realizar un proceso metacognitivo. Hrbáčkova et al. (2012) estableció una correlación positiva entre la metacognición y la motivación intrínseca. La teoría del aprendizaje autorregulado sostiene el aprendizaje es gobernado por variables de componentes metacognitivos, motivacionales y cognitivos que interactúan (Zimmerman, 2000). Dado que la autorregulación es un proceso que se aprende y está determinada en parte por factores ambiental, la calidad de la enseñanza, el intercambio con los profesores, el acceso a la información y la ayuda de los pares mejorarán esta capacidad (Schraw et al., 2006).

Paolini (2008) ha advertido que para motivar a los alumnos es necesario ayudarlos a percibir las pistas contextuales diseñadas por sus docentes y a interpretarlas como potencialmente beneficiosas para sus aprendizajes. En dicho marco, el feedback se presenta como una herramienta de fundamental importancia, por sus posibilidades para favorecer a los alumnos en una mayor sensibilidad contextual y personal. Y, de esa forma, les permitiría un mejor reconocimiento, valoración y uso autorregulado de los recursos internos y externos con los que cuenta para aprender.

La Pregunta Central del diagrama en V, el elemento epistemológico clave por su rol de creador de la dinámica de trabajo y a partir del cual los demás elementos tienen sentido, se mostró como una actividad desafiante en los alumnos. Los resultados mostraron que más de la mitad de los alumnos pudieron desarrollarlas y elaborarlas exitosamente (valoración máxima), dado que lograron plantearse preguntas para iniciar sus diagramas en V. Estas preguntas incluyeron los conceptos relevantes a utilizar y sugirieron los objetos y/o eventos principales para acompañar la búsqueda de las afirmaciones de conocimiento.

Esto se considera un resultado positivo e interesante, ya que de acuerdo a varios autores, las preguntas son el componente esencial de la actividad discursiva y el pensamiento dialéctico (Chin y Osborne, 2008; Millar y Osborne, 1998). De acuerdo a Chin (2006), la formulación de una pregunta es un acto creativo, que puede dirigir el pensamiento de los alumnos cuando están comprometidos en las tareas.

Quizá cumplimentada y superada esta instancia de elaboración de la Pregunta Central, haya contribuido en cada alumno a mantener el sentido de control para

completar la tarea. Como indicó Pintrich y Schunk (1996), tareas novedosas estimulan la curiosidad y fomentan una orientación motivacional hacia metas de aprendizaje.

El Eje Conceptual consistió en el elemento epistemológico que mayor proporción de alumnos logró resolverlo con la máxima valoración. Esto implicó que identificaron conceptos, principios y teorías relacionadas a la pregunta central, indicando la bibliografía utilizada. Este resultado da cuenta de la autonomía que adquieren los alumnos, pudiendo darle sentido y valor a la información adquirida en los textos trabajados en las clases teóricas. Ausubel et al. (1978) sostienen que el aprendizaje proposicional actúa como base para que los alumnos constituyan sus propios significados. Y a su vez, acordando con Vergnaud (1996), en cuanto a que los sujetos organizan su conducta en base al manejo y análisis de su campo conceptual, sus procedimientos y representaciones.

En cuanto a Afirmaciones de valor, se observó dificultad para elaborar este elemento. Sin embargo, en el tercer TPL “Microorganismos indicadores de contaminación fecal” se encontró una alta proporción de alumnos que lo desarrollaron favorablemente, ya que era consistente con la Afirmación de conocimiento, y por su redacción creativa ponía de manifiesto dominio del conocimiento construido. Este logro pudo haberse dado por la afinidad de los alumnos con el tema abordado en este TPL. Los alumnos trabajaron a partir de muestras de aguas de diferentes fuentes, en las que ellos sospechaban la existencia de contaminación de origen fecal, determinando el riesgo para la salud que representaba la fuente de agua y en correlación al tipo de uso al que está destinada (recreación, consumo, riego). En la actualidad hay un marcado debate social respecto a la contaminación de los cursos de agua de la región, debido a la

deficiencia del tratamiento en plantas de aguas residuales, y el vertido clandestino de las mismas a cursos fluviales y pluvio-aluvionales (canales, arroyos, ríos). Esta problemática está relacionada a la falta planificación en el desarrollo urbano y de inversión en obras de infraestructura, que acompañen el crecimiento poblacional exponencial que tuvo la región en los últimos años (Álvarez, Stiefel, Pezzullo, 2013; Vicenty, 2018).

Por lo tanto, los resultados obtenidos en la elaboración del Afirmaciones de valor en el tercer TPL expresan que los alumnos pudieron asumir un rol crítico con mayor énfasis en un tema sobre el cual tenían dominio, interés y conocimiento de la problemática. El carácter relevante del tema y el interés que tiene la sociedad al respecto, pudo haber sido el mecanismo que activó la curiosidad en los alumnos. De manera inversa, se interpreta que el bajo porcentaje de Afirmaciones de valor con valoración máxima en los demás TPL, pudo haberse relacionado a falta de confianza de cada alumno para emitir juicio a partir de sus conocimientos. Esto es interesante para tener en cuenta, al momento de diseñar actividades curriculares, ya que la elaboración de Afirmaciones de valor implica poner en marcha el rol de los componentes éticos de las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Meinardi (2009) sostiene que la enseñanza de las ciencias tiene como finalidad la formación de individuos más críticos.

La Afirmación de valor es el último elemento desarrollado en el diagrama en V, para dar inicio a una nueva pregunta y/o para reestructurar el marco conceptual. Al respecto, Chrobak y Prieto (2010) señalan que los elementos epistémicos están relacionados entre ellos, y que si estas relaciones no están bien establecidas en la estructura intelectual, el diagrama en V reflejará concepciones espontáneas, las

proposiciones que necesitan ser re-elaboradas. La reestructuración y la reconstrucción desde una nueva perspectiva, posibilita obtener un cuerpo de conocimiento más amplio y evolucionado, con aumento de las aptitudes creativas. Estas sucesivas elaboraciones van llevando a los aprendizajes a los más altos niveles de intelectualización.

La emisión de juicios de valor como resultado del proceso de elaboración de diagramas en V contribuye a impulsar desde la currícula la valoración y la toma de decisiones en problemas relacionados con Ciencia y Tecnología que afectan a la Sociedad. Estas actividades constituyen aspectos relevantes de la educación ciudadana. Solbes y Vilches (2004) plantearon que si se pretende que los alumnos sean capaces de tomar decisiones en torno a cuestiones de Ciencia y Tecnología, analizando su interacción con la Sociedad, será necesario que tengan una visión adecuada de cuáles son los problemas a los que se enfrenta la Humanidad, sus causas y las posibles medidas a adoptar. Es importante que los alumnos sean capaces de realizar juicios éticos en torno a los desarrollos científicos y tecnológicos, atendiendo la contribución de los mismos a la satisfacción de necesidades humanas y a la solución de problemas del mundo.

Las actividades académicas tendientes al reconocimiento del rol de la Ciencia en la Sociedad y el aporte de la actividad científica, es una variable importante a considerar para fomentar actitudes de pensamiento crítico. Acordando con Marco (2004) y Jiménez (2011) se requiere de una perspectiva curricular que plantee metas y enfoques de alfabetización científica, tendientes a la formación de ciudadanos críticos el contexto social que los nuclea.

La evaluación de este elemento epistemológico representa un parámetro adecuado para identificar si los alumnos lograron comprender el contenido académico. Rivarosa y

Moroni (2008) plantean que es conveniente ofrecer escenarios de aprendizaje que promuevan la construcción de nuevas categorías de comprensión y argumentación.

Chamizo y Hernández (2000) expresan que el uso del diagrama en V ayuda identificar nuevas afirmaciones, dando lugar a la formación de nuevos conceptos y teorías, ampliando el conocimiento. En este estudio, el diagrama en V funcionó como una herramienta que permitió identificar la falencia en la formación de pensamiento crítico de los alumnos y, por lo tanto, los aspectos a fortalecer en los encuentros áulicos.

B. Relación entre Diagramas en V y calificaciones de evaluaciones

El segundo objetivo específico planteado en este estudio consistió en relacionar nivel de desarrollo alcanzado en los diagramas en V con las calificaciones obtenidas en las instancias evaluativas. En base al mismo se atenderá la interpretación de los resultados obtenidos en función a los presupuestos teóricos planteados.

En este estudio se han encontrado características interesantes que motivan a indagar sobre las estrategias de evaluación en los contextos académicos.

Mediante el análisis de regresión se determinó que no existe relación lineal entre el nivel de desarrollo del diagrama en V y la calificación de los TPL correspondientes. Por lo tanto, el alto puntaje en los diagramas en V no explica altas calificaciones en las instancias evaluativas de los TPL.

Estos resultados no concuerdan con lo expresado por Schraw (1997) quien indica que el rendimiento y la regulación metacognitiva están relacionados. A partir de sus hallazgos, tal autor planteó que aquellos alumnos que obtuvieron menor puntuación en la medida de conocimiento (aprendizaje) también fueron menos capaces de controlar

con precisión su rendimiento, mientras que lo opuesto fue una medición alta. De acuerdo a este postulado, alto nivel en el desarrollo del diagrama en V, (considerándolo como desarrollo metacognitivo), estaría asociado a un alto rendimiento académico (altas calificaciones numéricas en los exámenes). Sin embargo, los resultados del presente estudio no evidenciaron relación de manera directa entre estas dos variables.

Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio fueron expresados por Ben-Zvi, Hofstein, Samuel y Kempa (1977), Robinson (1969) y Tamir (1972), quienes encontraron que existe baja correlación entre los exámenes prácticos basados en el laboratorio y las pruebas escritas en papel y lápiz.

Tanto los diagramas en V como los parciales son herramientas que dan prueba de la adquisición de conocimientos por parte de los alumnos. Sin embargo, los resultados hallados estarían demostrando que las habilidades desarrolladas mediante la elaboración de los diagramas en V no se corresponden con las evaluadas en las instancias de parciales escritos. Con lo cual, la falta de correlación lineal entre las variables podría deberse a que este tipo de evaluación (parciales escritos) no refleja el conocimiento metacognitivo desarrollado con la elaboración de los diagramas en V.

Analizando las preguntas de los parciales escritos de la instancia de evaluación se evidencia que mediante las mismas se indaga y se valoriza el conocimiento de tipo memorístico. Mientras tanto, las habilidades desarrolladas con el diagrama en V como herramienta metacognitiva están asociadas a aprender a pensar y recurrir a un aprendizaje reflexivo.

Este tipo de aprendizaje reflexivo, denominado por Perkins (1993) como buenas prácticas de pensamiento, sería el adecuado para indagar en las evaluaciones. Por ello,

debería tenerse en cuenta al momento de diseñar las instancias de evaluación de conocimientos.

En una evaluación de conocimientos tipo memorística, a diferencia de lo que se promueve con la metacognición, se prioriza la retención del conocimiento, de forma que si no se promueve de relacionarlo con el contexto tiende a generar un conocimiento inerte. Mediante este tipo de prácticas los alumnos adquieren un conocimiento frágil, que no es recordado en situaciones que admiten más de una solución, y fundamentalmente que no revela una verdadera comprensión. Según expresa Perkins (1992), la evaluación convencional se distingue por su característica típicamente reduccionista, reflejando una idea de educación basada en la búsqueda trivial, donde el aprendizaje es sólo cuestión de acumular hechos y rutinas, y no una consecuencia del pensamiento.

En cambio la propuesta de elaborar diagramas en V requiere la aplicación de otras habilidades, las cuales se caracterizan por su capacidad de transferencia y comprensión del conocimiento. Además de promover la metacognición, prepara al alumno para una cognición de orden superior, recurriendo a la flexibilidad para resolver problemas, integrando ideas y admitiendo la existencia de más de una posible solución.

Como observó Graue (1993), las actividades y las evaluaciones tradicionales a menudo se conciben separadas tanto en tiempo como en propósito. En tanto que las evaluaciones se convierten en una barrera para la implementación de los enfoques constructivistas de las actividades. Al respecto, Shepard (2000) expresó que las prácticas de evaluación deben cambiar para ser coherentes y apoyar el enfoque constructivista de la enseñanza de las ciencias.

Considerando los análisis realizados en este primer estudio se concluye que los alumnos se adaptaron a propuesta didáctica diseñada. El diagrama en V funcionó como integrador de las clases en teóricas con los TPL, en el cual los alumnos conectaron e interrelacionaron las ideas brindadas en cada encuentro académico. El trabajo colaborativo y la creatividad individual se observó tanto en el desempeño de las actividades de los TPL, como en los diagramas en V elaborados.

Los resultados han demostrado la capacidad de los alumnos para interpretar la interacción de los elementos epistemológicos del diagrama en V. Sin embargo, se necesitan más actividades áulicas para discutir la función de sus elementos epistemológicos y cómo se refleja cada elemento en la actividad científica, en el avance de la Ciencia y su relación con la Sociedad.

Respecto a la relación entre los diagramas en V y las instancias evaluativas este estudio permitió identificar que la falta de correlación entre ambas variables refleja las diferencias entre los tipos de conocimientos y/o habilidades que los alumnos exteriorizan en cada situación. Analizando las preguntas de los parciales referidas a los TPL se observó que son “poco desafiantes” y de corte mecánico. Esto merece un análisis más profundo sobre el contenido de los parciales en relación con el logro de aprendizajes significativos.

Se concluye que las evaluaciones son componentes claves del aprendizaje, que requieren de un buen diseño y claridad en el propósito que cumplen, para que reflejen adecuadamente el rendimiento académico de los alumnos.

CAPÍTULO 8

SEGUNDO ESTUDIO. VISIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS EN V

1. Objetivos

A partir de la experiencia de empleo del diagrama en V en los TPL de Microbiología Ambiental, en este segundo estudio se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- A. Indagar los cambios en las concepciones de los alumnos sobre la Naturaleza del Conocimiento Científico y la Construcción y Validación del Conocimiento Científico.
- B. Conocer la apreciación de los alumnos y desafíos afrontados en la elaboración de los diagramas en V en los TPL.

Con la propuesta de elaboración de los diagramas en V en los TPL se pretendió que los alumnos experimenten la actividad científica, realizándola en el contexto del aprendizaje de la Microbiología Ambiental. Por ello, este estudio se basa en conocer la visión de los alumnos respecto a la Ciencia. Además, se planteó conocer las vivencias y percepciones de los alumnos respecto al empleo de los diagramas en V, para estimar la viabilidad de la propuesta.

Se detallarán a continuación los resultados obtenidos a partir del estudio realizado y las correspondientes discusiones de acuerdo al marco conceptual en el que se establece la investigación.

2. Principales resultados

En este segundo estudio se presentarán los resultados obtenidos del análisis de las concepciones sobre ciencia y apreciaciones de los alumnos asociadas al empleo del diagrama en V. En primer lugar se analizará la visión de los alumnos respecto a la naturaleza, construcción y validación del conocimiento científico, en dos momentos: antes y después del empleo del diagrama en V. A continuación se presentarán los resultados de las apreciaciones de los alumnos respecto al desafío de elaborar los diagramas en V.

A. Indagación sobre las concepciones de Naturaleza de la Ciencia, construcción y validación del conocimiento científico de los alumnos de Microbiología Ambiental

Los alumnos respondieron el cuestionario presentado en la sección de instrumentos de investigación (Anexo 4), el cual permitió la identificación de las concepciones sobre Naturaleza del Conocimiento Científico (NCC), Construcción y Validación del Conocimiento Científico (CVCC). Este cuestionario se aplicó en dos momentos: al iniciar el cursado de la asignatura (Cuestionario Momento Inicial) y cuatro meses después, al finalizar el cursado y luego de desarrollar la propuesta didáctica (Cuestionario Momento Final).

La finalidad de aplicar el cuestionario en dos momentos diferentes radicó en determinar la posible modificación en la visión de los alumnos sobre los aspectos relevados por tal instrumento.

A continuación se analizarán los resultados obtenidos en ambos, mediante el índice de concordancia para los factores “Ciencia 1” y “Ciencia 2”. Las afirmaciones que se evalúan en cada factor son:

- Ciencia 1 (NCC): La ciencia no se rige por las concepciones empiristas-inductivistas.
- Ciencia 2 (CVCC): El conocimiento científico es construido, falible y corregible; la experiencia es insuficiente como criterio de validación y depende de presupuestos teóricos.

Se analizó el comportamiento general considerando los dos factores agrupados (Ciencia 1 y Ciencia 2) mediante el índice total. Cabe recordar, que un puntaje de factor superior a 3 indica concordancia con el contenido explícito en los factores NCC y CVCC, y a más proximidad al 5, mayor será la concordancia.

Los resultados evidenciaron que en el Momento Inicial el promedio del índice de concordancia se ubicó en 3,07 ($\pm 0,29$). En tanto, en el Momento Final dicho promedio aumentó a 3,47 ($\pm 0,52$) presentando diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,0074$) con el Momento Inicial. En el Figura 14 se presenta el índice promedio total de concordancia con los factores “Ciencia 1” y “Ciencia 2” obtenido en los cuestionarios ($n = 18$) en el Momento Inicial y en el Momento Final.

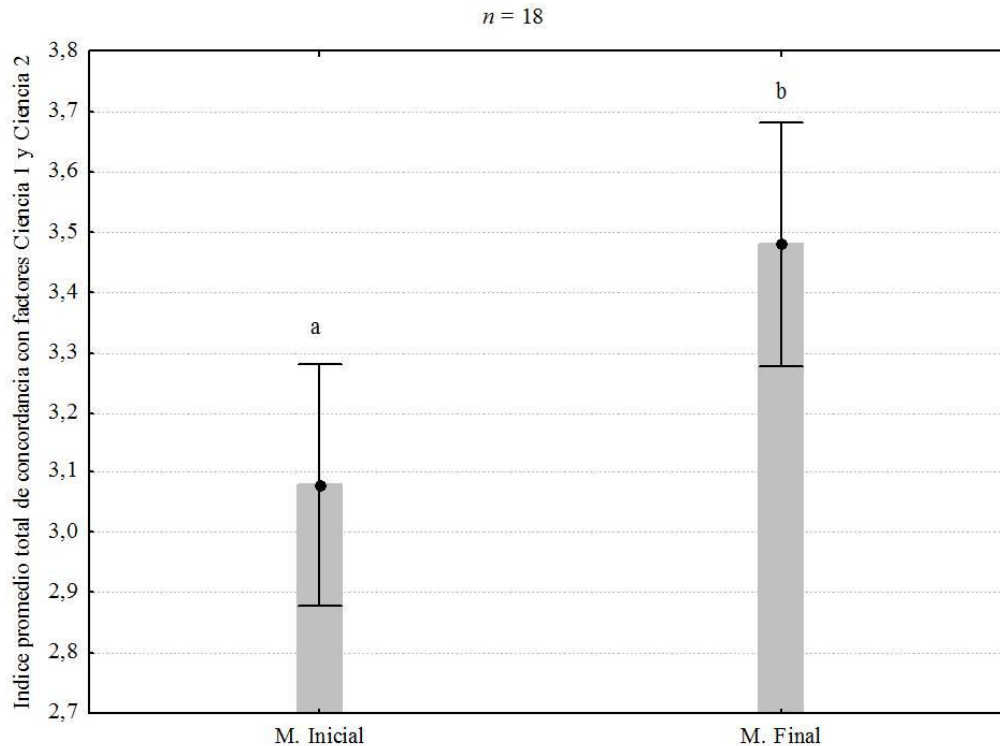


Figura 14. Índice promedio de concordancia total, ambos factores "Ciencia 1" y "Ciencia 2", en el Momento Inicial y Final.

Nota: Diferentes letras indican diferencia significativa entre los dos momentos ($p = 0,00743$). Las barras verticales denotan un intervalo de confianza de 0,95.

A continuación se presentarán los resultados del análisis de las concepciones de los alumnos tanto para el factor Ciencia 1 (NCC) como para Ciencia 2 (CVCC) por separado, en el Momento Inicial y Final. En el anexo 9 se presentan los índices obtenidos por cada alumno, para los dos factores y momentos analizados.

Respecto al factor Ciencia 1, se identificó que el índice promedio en la totalidad de los alumnos ($n = 18$) en el Momento Inicial fue 2,71 ($\pm 0,32$). Esto indica que no hubo concordancia con tal factor.

En el Momento Final el índice promedio fue superado, alcanzando un valor de 3,14 ($\pm 0,45$), con diferencia significativa ($p = 0,0026$) respecto al Momento Inicial. En

la Figura 15 se presentan los resultados obtenidos en la concepción del factor Ciencia 1, entre los momentos inicial y final. Este comportamiento es semejante con el nivel de desarrollo en los diagramas en V que tuvieron una mejora progresiva a lo largo de los TPL, como se presentó en la Figura 11 (Sección A). En el Momento Inicial hubo bajo porcentaje de concordancia y el puntaje promedio de los diagramas en V también presentó el valor más bajo.

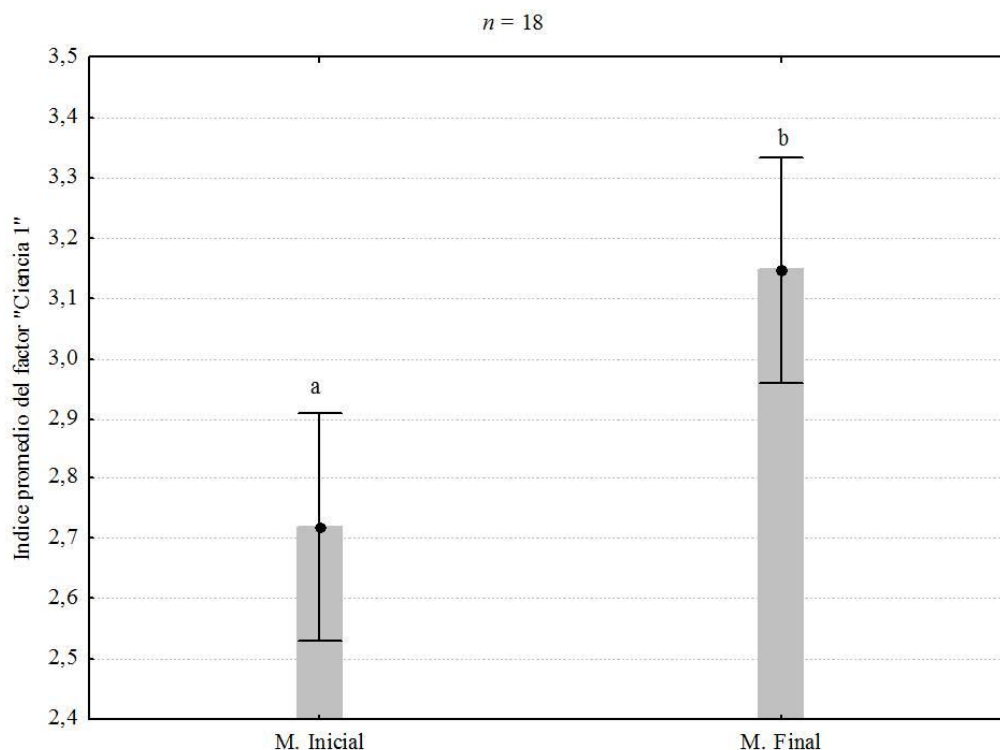


Figura 15. Índice promedio de concordancia con el factor "Ciencia 1", en el Momento Inicial y Final.

Nota: Diferentes letras indican diferencia significativa entre ambos momentos ($p = 0,00262$). Las barras verticales denotan un intervalo de confianza de 0,95.

En el Momento Inicial el 27 % de los alumnos obtuvo un índice igual o superior a 3, ascendiendo al 66 % en el Momento Final. Si bien, luego de aplicar la propuesta no

todos los alumnos lograron obtener un índice igual o superior a 3, el 77,7 % de los alumnos aumentaron el índice en el Momento Final.

Respecto al factor Ciencia 2 el 100 % de los alumnos en el Momento Inicial obtuvo un índice promedio de 3,69 ($\pm 0,41$). Luego de aplicar la propuesta se observó un aumento en el índice promedio, pasando a 3,78 ($\pm 0,47$). Esta diferencia no resultó estadísticamente significativa ($p = 0,529$). En la Figura 16 se presentan los resultados obtenidos, donde se puede observar que en ambos momentos (Inicial y Final) se supera el índice de 3, denotando concordancia con el factor Ciencia 2.

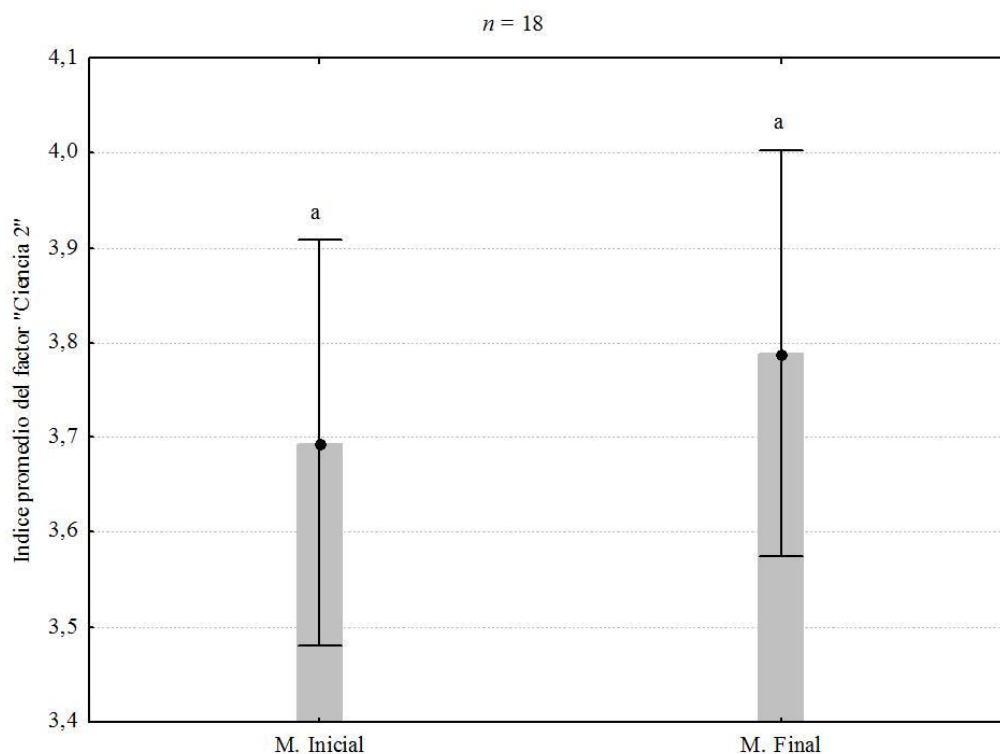


Figura 16. Índice promedio de concordancia con el factor "Ciencia 2", en el Momento Inicial y Final.

Nota: Letras semejantes indican que no hay diferencia significativa entre los momentos ($p = 0,529$). Las barras verticales denotan un intervalo de confianza de 0,95.

B. Apreciaciones de los alumnos y desafíos afrontados al elaborar los diagramas en V en los TPL de Microbiología Ambiental

El segundo objetivo planteado en este segundo estudio consistió en conocer las apreciaciones de los alumnos y desafíos afrontados para dar respuesta a la propuesta didáctica de elaboración de diagramas en V en los TPL de la asignatura Microbiología Ambiental. En función al mismo, en esta sección se abordarán los resultados obtenidos.

Los alumnos compartieron, mediante las encuestas abiertas, sus vivencias respecto a la elaboración de diagramas en V durante el cursado de la asignatura Microbiología Ambiental. Se mencionarán los aspectos positivos que expresaron, en el que se incluyen las habilidades que creen haber desarrollado, como así también los aspectos negativos.

Iniciando con los aspectos positivos, el 32 % de los alumnos expresó que el diagrama en V resultó ser una herramienta de informe concisa, para el 23 % le resultó dinámica, integradora para el 18 %, práctica (14 %), simple (5 %), reveladora (4 %) y explícita (4 %). En la Figura 17 se presentan las características positivas que los alumnos identificaron al elaborar diagramas en V en los TPL de Microbiología Ambiental.

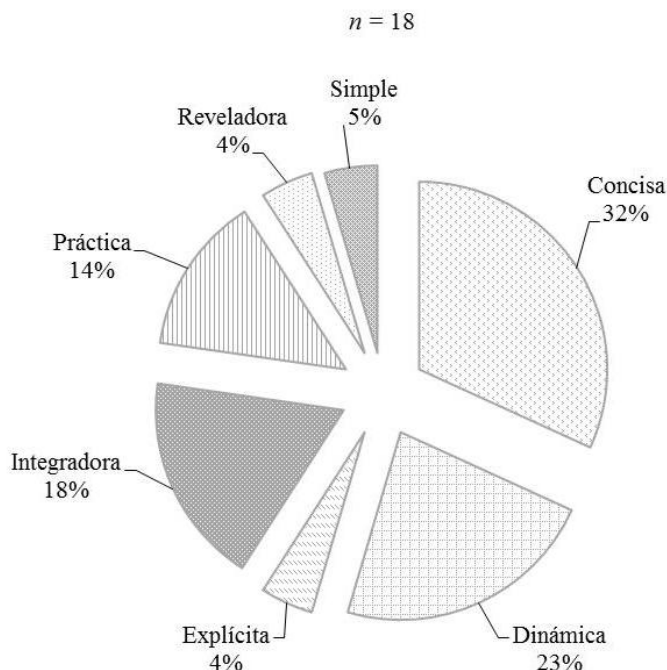


Figura 17. Aspectos positivos percibidos por los alumnos al elaborar diagramas en V.

Asociado a estos aspectos, los alumnos expresaron que desarrollaron determinadas habilidades por la tarea de elaborar los diagramas en V. Se destacaron tres habilidades: capacidad de articulación (32 %), curiosidad (21 %) y visión crítica (16 %). En tanto que entre los alumnos restantes consideraron no haber desarrollado ninguna habilidad (10 %) y que el uso del diagrama lo vivenciaron como un conflicto (21%).

Los aspectos negativos percibidos por los alumnos en relación a los diagramas en V fueron agrupados en 5 categorías de acuerdo al tipo de dificultad que experimentaron: dificultad en la comprensión, en la creatividad, en su aplicabilidad como herramienta de estudio, en la motivación y en la organización. En tanto que un 10 % de los alumnos expresó no haber encontrado aspectos negativos en el empleo del diagrama en V. En la Figura 18 se presenta el porcentaje de aspectos negativos asociados a cada categoría.

n = 18

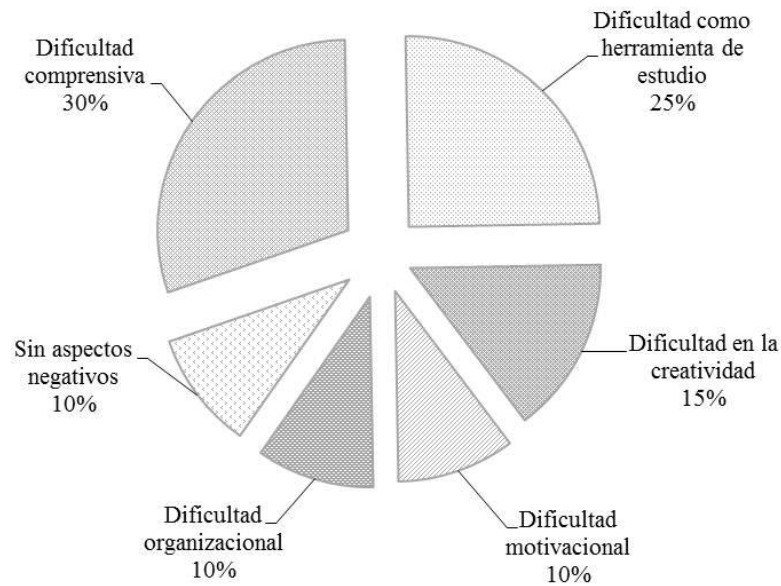


Figura 18. Porcentaje por categoría de aspectos negativos expresados por los alumnos respecto a la elaboración de diagramas en V.

En la categoría *Dificultad comprensiva* (30 %) se encuentran apreciaciones en las que los alumnos expresaron tener problemas en la elaboración del diagrama en V por: falta de entendimiento de las interacciones entre los elementos, y de las diferencias que existen entre los elementos. En la categoría *Dificultad como herramienta de estudio* (25 %) se encuentran aquellas apreciaciones en las que los alumnos consideraron que el diagrama en V elaborado no pudo utilizarse como herramienta de estudio al momento de estudiar para el parcial. La categoría *Dificultad en la creatividad* se presentó en un 15 % de los casos, en la que los alumnos indicaron tener problemas al momento de pensar en una pregunta central, ya que les resultaba difícil crear una pregunta. En orden de *Dificultad motivacional* (10 %) los alumnos consideraron negativo la elaboración de

diagramas en V, ya que por falta de interés dejaban la actividad para resolverla muy cerca del momento de entrega. Respecto a la categoría *Dificultad organizacional* (10 %) los alumnos expresaron que les resultó complicado escribir toda la información en una hoja, por la falta de espacio que representaba el diagrama en V, dado que pretendían escribir más. Mientras que un 10 % de los alumnos indicó no haber encontrado aspectos negativos en la tarea de elaborar los diagramas en V.

3. Discusión y conclusiones del segundo estudio

A. Concepciones de los alumnos respecto a NCC y CVCC

Los resultados obtenidos indican que las concepciones sobre la NCC y CVCC de los alumnos han mejorado significativamente luego de la aplicación de la propuesta didáctica de empleo de diagramas en V en los TPL. Se podría asumir que la elaboración de los diagramas en V ha contribuido en la comprensión de la producción del conocimiento científico, conduciendo a los alumnos a una interpretación más coherente y comprensible de la asignatura Microbiología Ambiental. En tal sentido, Chamizo e Izquierdo (2007) y Hodson (1992) plantearon que los alumnos desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden la Naturaleza de la Ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con oportunidades para la reflexión, con apoyo del docente. En tanto, Sanmartí (2002) indicó que el conocimiento científico posee características propias y bien determinadas, por lo que su aprendizaje se realiza pensando, leyendo, hablando y escribiendo ciencia en el aula.

La estrategia para que los alumnos se replanteen sus concepciones respecto a NCC y CVCC en esta investigación ha sido mediante el intento de resolver un problema. El problema para los alumnos consistió en intentar resolver el diagrama en V a partir de la formulación de preguntas que surgieran en las clases teóricas utilizando las herramientas ofrecidas en las actividades de TPL. Se han visto implicadas acciones como: reconocer un conjunto de conceptos, principios y teorías; generar una pregunta que conduzca hacia la resolución de un problema; abordar estrategias de resolución del

problema mediante los conocimientos conceptuales y procedimientos que estuvieran al alcance, y reconocer las aplicaciones de la solución encontrada. Como lo expresa Moreira (2007), mediante el uso de diagramas en V y con la orientación del docente, los alumnos podrán darse cuenta que las preguntas son la fuente del conocimiento humano. Los alumnos necesitan discutir que la Ciencia es creada por humanos, lo cual tiene implicancias en el conocimiento que se produce (Lederman et al., 2013).

En el punto de partida de este estudio tres cuartas partes del grupo coincidieron con afirmaciones que implicaban que la ciencia se rige por concepciones empiristas-inductivistas. Expresaron una visión caracterizada por una secuencia lineal de pasos que el investigador transita para para alcanzar el conocimiento científico. Estos alumnos coincidieron con afirmaciones que consideraba que la manera segura de llegar a los resultados consistía en recopilar hechos a través de la observación y experimentación, sin un previo soporte del marco conceptual, y a partir de allí derivar en leyes y teorías mediante un proceso lógico, una visión de ciencia rígida, lógica y estructurada. Según Harres (1999), las concepciones inadecuadas de la ciencia, más comunes entre los alumnos, incluye el hecho de que el conocimiento científico es absoluto, la idea de que el objetivo mayor de los científicos es descubrir leyes naturales y verdaderas, falta de comprensión del papel desempeñado por la creatividad en la producción del conocimiento, por las teorías en la investigación y de la incorporación de la relación entre la teoría y la experiencia.

Resultados similares fueron expresados por Roig, García, Vázquez, Manassero y Montesano (2007), quienes aseveraron la existencia de una concepción errada de la ciencia en gran diversidad de alumnos, de diferentes edades y niveles del sistema

educativo. Si bien para los primeros niveles esto se podría justificar por su escasa exposición a la ciencia, para los alumnos universitarios, de una carrera de grado, en la que además está involucrado el aprendizaje de las ciencias, estos aspectos son inexcusables.

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian un aumento significativo en la proporción de alumnos que abandonaron las concepciones erradas de la ciencia y la producción del conocimiento científico. Este aspecto demostraría la eficiencia de la propuesta didáctica que incorpora el empleo del diagrama en V en los TPL. Los alumnos mediante esta propuesta lograron vivenciar que la producción del conocimiento científico no comienza en la observación neutra, pues ésta depende de la teoría, el contexto social y cultural, y la subjetividad de cada científico. Como expresa Moreira y Ostermann (1993) el conocimiento científico es producido por individuos que piensan, sienten y que hacen. Así mismo, es una actividad humana que se asemeja al proceso constructivista del aprendizaje: el alumno es constructor de su propio conocimiento. Sumado a esto los alumnos lograron vivenciar que el proceso de producción del conocimiento no es acumulativo ni lineal. Que en dichas construcciones, así como en la producción científica, hay crisis, rupturas y remodelaciones. El conocimiento científico crece y evoluciona por reformulación del conocimiento previo, y por lo tanto tampoco es definitivo.

Varios autores revelaron que inclusive los profesores poseen concepciones erradas de la ciencia y por consecuencia, las mismas son transmitidas al diseño de las actividades académicas (Désautels, Larochelle, Gagné y Ruel, 1993; Gil, 1994; Lederman, 1999). Este problema se asocia a la consideración de que el aprendizaje de

NCC y CVCC representa un subproducto evidente y automático que surge sin más por la mera realización de actividades relacionadas a la ciencia. Muchos profesores universitarios tienen una confianza firme en que las carreras de grado, permiten a los estudiantes aprender las características que constituyen la NCC y CVCC por la simple razón de que llevan aparejadas múltiples horas de trabajo de laboratorio.

Los resultados demostraron que la actuación explícita con actividades tendientes a la enseñanza de la NCC y CVCC representó una alternativa para promover la modificación de concepciones erradas de la ciencia. Como así también, mejoró las concepciones de la construcción y validación del conocimiento científico que poseían los alumnos al iniciar la asignatura Microbiología Ambiental. Tal como lo exponen Acevedo (2009) y Lederman et al. (2013) sin una enseñanza explícita de Naturaleza de la Ciencia los alumnos aprenderán la asignatura de ciencia en un entorno libre de contexto.

B. Apreciaciones y desafíos de los alumnos respecto a la elaboración de diagramas en V

Las apreciaciones de los alumnos respecto al empleo del diagrama en V consistió en un asunto relevante. Se identificaron aspectos positivos y negativos, sin embargo, es importante destacar que al analizar las encuestas la totalidad de los alumnos consideraron que esta herramienta presentaba aspectos positivos. La aceptación de la propuesta didáctica y de la herramienta metacognitiva, por parte de los alumnos, contribuye en la eficacia del aprendizaje significativo de cada uno de ellos. Como mencionó Ausubel (1968) la intencionalidad capacita al alumno en el empleo de su

conocimiento previo como auténtico sitio de anclaje para internalizar y hacer comprensible nuevos significados de palabras, conceptos y proposiciones.

Luego de analizar los aspectos negativos se identificó que el mayor porcentaje correspondía a la categoría de aspectos *Dificultad comprensiva*, la cual estaba relacionada a dificultades para “entender” el rol e interacción de los elementos epistemológicos del diagrama en V. Aquí aparece una cuestión interesante para analizar dado que la falta de comprensión, o de entendimiento, está asociada a procesos cognitivos. Los alumnos mencionan tales dificultades como aspectos negativos, sin embargo bajo los presupuestos teóricos considerados en esta investigación se estarían tratando de aspectos relacionados a procesos de conflicto cognitivo característicos del aprendizaje significativo, que son inevitables y necesarios de transitar para que se produzca el acomodamiento de las nuevas proposiciones y modifiquen la estructura cognitiva previa. Por lo tanto, estos aspectos representan resultados positivos respecto a la validación como una herramienta de aprendizaje.

En base a la teoría de Modelos Mentales de Johnson-Laid y la teoría de Campos Conceptuales de Vergnaud, el sujeto posee un esquema mental construido, y mediante su uso es capaz de asimilar situaciones de una determinada clase. Ante una nueva situación, el mismo utilizará una representación mental que lo dotará de poder explicativo y predictivo, como un mecanismo útil que le posibilite aprehender y captar esa nueva situación. Una vez que esta situación deja de ser nueva, por presentarse repetidamente, el individuo adquiere dominio sobre esta clase, dando lugar a una organización invariante de su conducta y su esquema mental (Moreira, 2002). El aprendizaje del conocimiento científico supone la modificación de los esquemas, y

consecuentemente, la reestructuración y enriquecimiento de los modelos mentales que los alumnos generan como fuente de los mismos (Rodríguez, 2008). Esta reestructuración, denominada por Ausubel (1968) como *subsumtion*, involucra la reorganización de la estructura cognitiva existente.

Una quinta parte del grupo expresó al elaborar los diagramas en V, se encontraron en una situación de “conflicto”. Por lo tanto, estas condiciones evidencian que la actividad de elaborar los diagramas en V generó en los alumnos la necesidad de resolver y superar un conflicto cognitivo. Vale aclarar que, en base a los resultados obtenidos en la valoración de los diagramas en V, dichos conflictos evidentemente han sido superados, ya que todos los alumnos elaboraron cada elemento epistemológico para confeccionar el diagrama en V como producto final.

En cuanto a la consideración de algunos alumnos de que el diagrama en V no representó una herramienta de estudio, esta apreciación concuerda con los resultados obtenidos en el primer estudio. En el mismo se determinó la falta de correlación entre las valoraciones obtenidas en los diagramas y las calificaciones de las instancias evaluativas. Linn, Matuk y McElhaney (2016) expresaron, al respecto, que ninguna innovación puede consolidarse mientras la evaluación no se transforme en el mismo sentido. Por ello, debería de plantearse una reestructuración y adaptación de las instancias evaluativas a fin de logren revelar las habilidades, aptitudes y capacidades que se pretenden desarrollar en los alumnos. Se podría considerar que el empleo del diagrama en V en los TPL contribuyó al proceso de aprendizaje significativo de la asignatura Microbiología Ambiental, en el cual los alumnos captaron aspectos positivos y aspectos negativos en su empleo.

PARTE IV

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presentada abordó el estudio de la herramienta metacognitiva, diagrama en V, en un contexto particular mediante una propuesta didáctica para el aprendizaje de Microbiología Ambiental y la Naturaleza de la Ciencia en la universidad. El enfoque adoptado en esta investigación comparte la perspectiva que plantean Collins y Pinch (1993) en su libro *The Golem: what everyone should know about science*, quienes consideran que la ciencia, como el *Gólem*, no es buena ni mala, sino el resultado de una práctica social. Y, aunque tiene poder, es una criatura fruto de nuestro arte y nuestra pericia.

La atención estuvo centrada en fortalecer la enseñanza de las ciencias y aplicar de modo explícito la intención de abordar la Naturaleza de la Ciencia y producción del conocimiento científico. Sin embargo, quedaba un vacío en el diseño de estrategias didácticas que permitan aprender y conquistar el terreno de la ciencia con los alumnos, conocerla en todos sus aspectos, y sin “maquillaje”.

En virtud de ello, se acuerda con lo expresado por Collins y Pinch (1993), quienes indican que la ciencia es una herramienta utilizada por los humanos, pudiendo avanzar en el conocimiento por motivos equivocados, o retrasarse por motivos acertados. En este sentido, los científicos no defienden sus ideas por seguir el método científico, sino por responder a su intuición.

En esta cuarta y última parte se presenta una síntesis de los aportes de los dos estudios abordados, para dar cierre a la investigación mediante una discusión global de

los resultados obtenidos y una conclusión final. Posteriormente se mencionarán recomendaciones que serían propicias atender para continuar investigando este tema.

LOS ESTUDIOS. APORTES A LAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

En una investigación que evalúa el uso de una herramienta metacognitiva como componente de una propuesta didáctica destinada al aprendizaje de ciencias en la universidad, es relevante poner las conclusiones en consideración de los aspectos estudiados. Por una parte, el desafío de los alumnos de conocer la herramienta, entenderla y dominarla mientras aprenden una ciencia en particular, y por otra parte el aporte que representa la herramienta para comprender las características de la ciencia y la producción de conocimiento científico.

La propuesta de emplear el diagrama en V promovió la interacción entre las clases teóricas y TPL de Microbiología Ambiental. El proceso de escritura de los diagramas en V mantuvo activo el uso del lenguaje, contribuyendo de dicha manera a mantener el grado de conexión entre aspectos teóricos y prácticos. Mediante el lenguaje se construyen puentes para fundar propósitos en una actividad, recurrir a ideas planteadas, favorecer el surgimiento de nuevas ideas, e iniciar la búsqueda de fundamentos y soluciones. Como lo plantea Sanmartí (2007), aprender ciencia mediante la realización de actividades científicas no sólo permite a los alumnos reconocer nuevas ideas, sino que permite aprender a hablar y escribir sobre esas ideas.

Los alumnos adquieren competencias de pensamiento científico teniendo como base el dominio de habilidades y recursos que faciliten leer, escribir, pensar, explorar, captar, formular, percibir, argumentar y explicar conocimiento científico (Quintanilla et

al., 2010). En tanto, competencia es poseer la capacidad de ejecutar una tarea con el conocimiento de su fundamento, y conciencia sobre las consecuencias de esa acción. Toda competencia involucra conocimientos, modos de hacer, valores y responsabilidades por los resultados de ese hecho (Ropé y Tanguy, 1994).

En este estudio no se identificó correlación lineal entre las calificaciones de las evaluaciones y los diagramas en V. Sin embargo, se obtuvieron resultados positivos en el rendimiento académico general y en el empleo de diagramas en V, en base a que todos los alumnos aprobaron la asignatura, y cumplieron con el requisito de elaborar los diagramas en V solicitados en cada TPL.

Estos resultados son consistentes con la teoría social cognitiva de autorregulación del aprendizaje planteada por Zimmerman (2001). En la misma, se establece que la autoeficacia, la motivación intrínseca y la búsqueda de ayuda adaptativa, generan resultados positivos en el rendimiento académico y satisfacción por la tarea realizada.

González, Rinaudo y Donolo (2010), en sus estudios identificaron que el patrón motivacional y de ajuste emocional de los alumnos favorece el rendimiento académico. A saber, los alumnos universitarios con elevados niveles de motivación intrínseca, de control percibido, de autoeficiencia y de valor intrínseco, disfrutaban más en clase y están más confiados en lograr sus metas. Los alumnos utilizan con mayor frecuencia estrategias volicionales para la regulación de su motivación y su emoción, que les permiten reflexionar sobre cuándo y cómo actuar en función a la meta de aprendizaje a alcanzar. La motivación lo protege frente a la ansiedad y desesperanza en clase.

Se considera que, en esta propuesta didáctica, la motivación interna pudo haber sido un factor positivo hacia la elaboración de los diagramas en V. Todos los alumnos

trabajaron y destinaron esfuerzo para lograr comprender la actividad en sí misma, la función y conexión de los elementos epistemológicos y cumplir con la entrega en el plazo indicado. En este sentido Bembenutty (2010) establece que la motivación intrínseca consiste en el compromiso y disfrute de la tarea, y se relaciona positivamente con el rendimiento académico y con la finalización de la tarea.

El aprendizaje autorregulado es un proceso en el que el alumno asume una dirección proactiva y táctica a través de la cual transforma sus habilidades mentales en competencias académicas. Como menciona Chen et al., (2017), para asumir esa dirección los alumnos deben establecer un uso estratégico de recursos para identificar cómo enfocar su aprendizaje eficazmente. Dominar el material de clase y el proceso de escritura son recursos que ayudan a los alumnos a aprovechar su potencial de actuación.

El abordaje de los TPL con el complemento del diagrama en V permitió la generación de estrategias cognitivas de la dimensión intelectual relacionadas con las metodologías de investigación científica. Estas estrategias, de acuerdo con Álvarez y Carlino (2004), son reconocidas como destrezas intelectualmente complejas.

La producción de cada elemento epistemológico del diagrama en V y la obtención de un producto final, coherentemente logrado por la interacción de tales, posibilitó la mediación entre el dominio de la actividad y la concientización del cumplimiento de la meta. Según Zimmerman y Risemberg (1997), todos aquellos pensamientos, actitudes, sentimientos y acciones propias que los escritores desarrollan y usan para lograr sus propias metas prefijadas mediante la escritura representa otro aspecto de la autorregulación del aprendizaje. Escribir es más que una expresión literaria de habilidades cognitivas, ya que se ven implicados procesos que contribuyen a pensar y

repensar las ideas, con la potencialidad de incidir en el pensamiento (Carlino, 2002). Escribir es una habilidad compleja, y desarrollarla requiere de altos niveles de autorreflexión y metacognición (Baird y White, 1996).

LOS DIAGRAMAS EN V. UNA CONTRIBUCIÓN A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

El empleo del diagrama en V en los TPL en el marco de la propuesta didáctica en una asignatura universitaria, ha contribuido a que los alumnos mejoren su comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, construcción y validación del conocimiento científico. Los índices de concordancia con respecto a la visión empírico-inductivista de la ciencia disminuyeron luego de aplicada la propuesta.

Adúriz e Izquierdo (2009) señalaron la existencia de una tendencia hacia el cuestionamiento de la imagen empobrecida de la ciencia y la necesidad de remover la visión empírico-positivista que se presenta en el aula. En dicho aspecto, Gilbert (1991) mediante un estudio de las concepciones sobre ciencia y modelos, con alumnos universitarios de Biología, determinó que resulta posible transponer didácticamente nociones correctamente asociadas a los modelos científicos para el conocimiento científico en general. Al respecto, los resultados de esta investigación contribuyen a afirmar que el diseño de prácticas didácticas con la incorporación del diagrama en V es una alternativa para abordar y revertir la visión empobrecida de la ciencia.

El empleo del diagrama en V en esta experiencia contribuyó a mejorar la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, permitiendo además una participación reflexiva sobre los TPL enfocados hacia investigaciones científicas. En coincidencia

con Chamizo e Izquierdo (2007) estas prácticas ayudan a los alumnos a comprender la Naturaleza de la Ciencia.

La propuesta de elaboración del diagrama en V demandó que los alumnos pensaran en una Pregunta Central, que guiara su investigación para abordar el TPL. Esta actividad de pensar y crear una pregunta, contribuyó a la reflexión de los alumnos sobre la actividad práctica. La consigna de *crear* sus propias preguntas, en los márgenes de lo permitido por la propuesta de TPL, generó en algunos alumnos un sentimiento de conflicto. Esto podría haberse debido a que consistió en una actividad que no acostumbran a realizar, por lo cual representó un verdadero desafío. Aun así, la posibilidad de que cada alumno destine esfuerzo en plantearse un objetivo pudo haber sido una oportunidad para desarrollar la curiosidad. Más allá de considerar la valoración máxima obtenida, la totalidad de los alumnos logró elaborar sus preguntas para dar inicio a cada uno de los diagramas en V realizados durante el cursado. Este aspecto se considera como un logro ya que todos estuvieron posicionados con una pregunta propia al momento de realizar los TPL. No se debería perder de vista aquellos que expresaron haber considerado ese momento como una dificultad, la cual de acuerdo a los resultados obtenidos han logrado establecer estrategias para superarla ya que los diagramas en V fueron elaborados. Este resultado se considera positivo ya que se ha logrado iniciativa, creatividad y curiosidad en los alumnos, pudiendo además enfocarse en una mirada hacia el TPL que resultó enriquecedora.

Tal como expresa Moreira (2010) la práctica de construir el diagrama en V es una estrategia de aprendizaje en la que el alumno adquiere una actitud reflexiva hacia el propio proceso de aprendizaje. Permitiendo también reflexionar acerca del contenido

objeto de aprendizaje, tendiente a preguntarse qué se pretende aprender, porqué y para qué aprenderlo.

La elaboración de las preguntas centrales y la capacidad de dar respuestas mediante afirmaciones de conocimiento contribuyeron al enriquecimiento de habilidades relacionadas a la investigación. La formulación de afirmaciones de valor proporcionó la oportunidad para que los alumnos establezcan interrelaciones entre la Microbiología Ambiental y los problemas de la sociedad, en este caso referidos específicamente a situaciones de contaminación ambiental y salud pública. Estas prácticas de asumir pensamiento crítico, constituyen una forma de llevar el pensamiento de los alumnos a los más altos niveles de intelectualización.

Este tipo de actividades representan una ejercitación para revertir y alejarse de la visión empírico-inductivista de la ciencia. Como expresan Lederman et al. (2013) y Moreira (2007), el uso de diagramas en V contribuye a que los alumnos perciban que las preguntas son la fuente del conocimiento humano y que la ciencia es creada por humanos.

La producción del conocimiento y la formación de profesionales deben desarrollarse paralelamente, y la universidad es el contexto de excelencia para ello. Dado el rol protagónico de las universidades de la región en la producción de conocimiento (Matas et al., 2018) resulta clave mejorar las estrategias didácticas para la enseñanza de la ciencia en la universidad.

LOS DISEÑOS CURRICULARES. ADAPTACIONES A NECESIDADES PRÁCTICAS

Esta propuesta de empleo del diagrama en V brindó la oportunidad de que cada alumno logre un entrenamiento de auto-conciencia de cuánto sabe y cuánto le falta saber. El diagrama en V permitió que los alumnos consideren el tiempo dedicado al estudio como una variable más que influye en el logro de una meta de aprendizaje, para entregar la actividad solicitada por el docente o para estudiar el material. Como expresó Moreira (2010) el diagrama en V contribuye a adquirir una actitud reflexiva hacia el propio aprendizaje.

Sin embargo, al diseñar la propuesta didáctica no se logró la transposición de dicho entrenamiento hacia la planificación de las instancias evaluativas. Como resultado se observó falta de correlación entre la valoración obtenida en los diagramas en V y las calificaciones de las instancias evaluativas. Como así también, esto fue evidenciado por las apreciaciones negativas de los alumnos que expresaron no considerar el diagrama en V como una herramienta útil al momento de estudiar para las instancias evaluativas.

El enfoque de esta propuesta didáctica de empleo del diagrama en V estuvo orientado hacia el desarrollo de la capacidad metacognitiva de los alumnos y el aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia. Se puso acento en permitir que los alumnos lleven a cabo sus propias investigaciones en los laboratorios con el soporte del diagrama en V, favoreciendo la reflexión acerca de la práctica realizada. Sin embargo, el diseño de las evaluaciones (convencionales) actuó como una barrera para evaluar el proceso de aprendizaje y reflexión otorgados por el trabajo con la herramienta metacognitiva.

Este aspecto evidenció que las evaluaciones que requieren que los alumnos recurran al conocimiento superficial, adquirido por memorización, con características

reduccionistas, no expresan capacidades de pensamiento. Como expresó Perkins (1992), las evaluaciones convencionales no reflejan de la adquisición de aprendizaje significativo.

En la elaboración de los diagramas en V se emplean niveles de orden superior de las capacidades cognitivas de la taxonomía de Bloom (Bloom et al., 1959), los alumnos abordan su elaboración mediante creación de preguntas, análisis, síntesis y aplicación del conocimiento. Sin embargo, si en las instancias evaluativas se emplean los niveles de orden más bajos de habilidades cognitivas, los alumnos se preparan memorizando y recordando el contenido. Las habilidades cognitivas de orden superior desarrolladas con la herramienta metacognitiva quedan disipadas cuando el diseño de las evaluaciones no contribuye a sostenerlas. Biggs y Tang (2011) expresaron que los alumnos se ven influenciados significativamente por los formatos de la evaluación, las preguntas tipo ensayo motivan a los alumnos a pensar críticamente.

En el mismo sentido, Struyven, Dochy y Janssens (2005) enfatiza sobre la importancia de la evaluación en los enfoques de aprendizaje de los alumnos, ya que la experiencia de evaluación determina la forma en la que el alumno se acercará al aprendizaje.

Los resultados alentadores del trabajo con el diagrama en V también se encuentran en que la totalidad del grupo de estudio expresó apreciaciones positivas acerca del empleo del mismo en los TPL. La importancia del diseño de la propuesta didáctica en la que se incluyó esta herramienta es de gran importancia. La propuesta subrayó el nexo entre teoría y práctica, lo que representa clases teóricas y TPL. El tiempo demandado en explicar los elementos epistemológicos, su función e

interrelación, se resolvió con la lectura de publicaciones científicas en el aula, la discusión de noticias de actualidad que visualizaban la relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Sin embargo, se debería reforzar ese momento de la aplicación de la herramienta, para disminuir las apreciaciones de dificultad de comprensión, y mejorar el desempeño en la elaboración de Afirmaciones de valor. Este tipo de actividades tendrían que mantenerse a lo largo del cursado de la asignatura y fortalecer las actividades que promuevan la argumentación científica. Como proponen Driver, Newton y Osborne (2000), en la enseñanza de las ciencias se debería ayudar a los alumnos a reconocer la importancia de los argumentos científicos, y proponer instancias para su aprendizaje y práctica. Esto les aporta confianza y los provee de una comprensión más profunda acerca del rol de los mismos en la producción del conocimiento científico.

CONCLUSIONES FINALES

A partir de todo lo expuesto y como un cierre de esta investigación, se considera que el empleo del diagrama en V promovió una conexión de aspectos teóricos y prácticos abordados en la asignatura de grado Microbiología Ambiental. En tal sentido, el uso del lenguaje ha sido un factor relevante, dado por su función favorecer la transmisión y desarrollo de ideas planteadas en busca de soluciones.

Se considera que los alumnos han cumplimentando las actividades propuestas respondiendo a su motivación intrínseca, adaptándose a los requerimientos solicitados. Si bien el rendimiento académico fue positivo, como también la elaboración de los diagramas en V, no se identificó correlación lineal entre las calificaciones de las evaluaciones y los diagramas en V. Esta situación ha dejado de manifiesto que el diseño de la instancia de evaluación utilizada no ha reflejado el verdadero proceso de aprendizaje desarrollado con la herramienta metacognitiva. Tales evaluaciones no reflejan de la adquisición de aprendizaje significativo.

Respecto al compromiso con la tarea, se relaciona positivamente con el rendimiento académico y con el cumplimiento de la misma.

La elaboración de diagramas en V permitió a los alumnos desarrollar el dominio del proceso de escritura, cuyo recurso los ayuda a aprovechar su potencial de actuación. Siendo este, un factor capaz de propiciar el aprendizaje autorregulado. Permitiendo así la obtención de un producto final y cumplimiento de una meta, ya que la escritura requiere altos niveles de autorreflexión y metacognición.

El empleo del diagrama en V en los TPL contribuyó a revertir la visión empírico-inductivista de la ciencia identificada en el grupo de alumnos antes de aplicar la propuesta didáctica. Esta herramienta parece haber funcionado como un modelo científico para la producción y validación del conocimiento científico en general. Con lo cual, el diseño de prácticas didácticas con la incorporación del diagrama en V sería una alternativa para abordar y revertir la visión empobrecida de la ciencia.

La elaboración de los elementos epistemológicos del diagrama en V permitió a los alumnos desarrollar un pensamiento crítico y proporcionó la oportunidad para que los alumnos establezcan interrelaciones entre la ciencia en cuestión, Microbiología Ambiental, y los problemas de la sociedad.

Por lo expuesto, se concluye que el empleo de esta herramienta metacognitiva en los TPL es una propuesta de trabajo recomendable. Resultó alentador la obtención de resultados positivos respecto a la aplicación de una estrategia didáctica que integre la práctica de la actividad científica y la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia, contribuyendo en la reflexión crítica del rol de la ciencia en la Sociedad, y viceversa.

En cuanto a las percepciones de los alumnos respecto al empleo de esta herramienta, se identificaron más apreciaciones positivas que negativas. En tanto, las mismas sirven de base para proponer nuevas alternativas para el empleo del diagrama en V en los TPL.

RECOMENDACIONES Y RUMBOS A SEGUIR...

Tanto la literatura de la educación científica contemporánea, como los resultados aportados por esta investigación, muestran evidencias acerca de los factores y condiciones del entorno educativo que facilitan o impiden la educación científica. Los nuevos estándares destinados a dar forma a una educación científica significativa enfatizan en la importancia de repensar el papel y la práctica del laboratorio en la enseñanza de las ciencias. Esto es especialmente apropiado porque en las últimas décadas se ha profundizado la investigación sobre cognición, metacognición y neurociencia en la enseñanza.

El énfasis actual en los intentos de ampliar la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias se presenta en los desafíos de los educadores. Izquierdo (2014) lo reconoce al otorgar importancia de los Modelos Teóricos en las ciencias para el diseño y la práctica de una ciencia escolar que construye conocimiento, genera competencia y educa. Y de manera conjunta Adúriz (2013) expresa que una visión semántica de los modelos científicos, tomados de la Filosofía de la Ciencia contemporánea, desafía la concepción sintáctica recibida de las teorías científicas. En tanto, esta visión semántica puede ser útil tanto para la educación científica en las aulas de todos los niveles educativos como para la investigación e innovación dentro de la disciplina de la Didáctica de la Ciencia.

En este trabajo se presentaron dos estudios en base al empleo del diagrama en V en el aprendizaje de la asignatura Microbiología Ambiental en la universidad. De modo tal que se reconocen dos aportes importantes respecto a su rol en la enseñanza de las ciencias. Por un lado, la habilidad de los alumnos para elaborar los elementos epistemológicos que componen el diagrama en V respecto a las experiencias en las

clases teóricas y TPL, como las posibilidades para el reconocimiento de la autorregulación del aprendizaje. Y a partir de allí, su relación con el rendimiento académico en las instancias evaluativas. La literatura muestra un fuerte reconocimiento acerca de que la autorregulación del aprendizaje mejora el rendimiento académico, en la que la motivación interna juega un rol crucial.

Por el otro lado, la consideración del aporte de esta herramienta en la modificación de las concepciones de la Naturaleza de la Ciencia. La elaboración de los diferentes elementos epistemológicos y las actividades realizadas asociadas a su aprendizaje contribuyeron a revertir la visión empírico-inductivista gobernante al inicio de la experiencia. Son demasiados los esfuerzos realizados en la búsqueda de estrategias que promuevan la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia en los distintos niveles educativos y en la formación de futuros profesores, ya que la visión errada de la ciencia no solo se debe al diseño de las actividades académicas sino también a la transmitida por los docentes y los textos académicos.

En consonancia con la literatura y las conclusiones de este trabajo, es interesante diseñar las propuestas didácticas en base a las corrientes epistemológicas y las teorías de construcción del conocimiento. Para ello, además de debería mantenerse la atención en los contextos de aprendizaje que promuevan la alfabetización científica, evaluando los factores que afectan sobre el aprendizaje significativo, las competencias científicas y la formación de alumnos con pensamiento críticos sobre la relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad.

En el tercer año de una carrera de grado, habiendo transcurrido el cursado de gran parte de las asignaturas correspondientes al campo de las Ciencias Naturales, los

alumnos que formaron parte de este estudio contemplaban el laboratorio como un contexto de realización de experimentos. En consecuencia tenían una visión determinada de la ciencia. Estas cuestiones deberían ser revertidas en todos los niveles educativos, y sería interesante que en el nivel superior se recurra a un diseño y planificación de las asignaturas que contemplen, además de la enseñanza de conceptos específicos de la ciencia en cuestión, la Naturaleza de la Ciencia. De este modo, los alumnos entenderán cada ciencia en el contexto que se establece.

El desafío sería lograr el desarrollo de individuos autónomos que empleen el razonamiento científico como norma. Alumnos que revelen un conocimiento sólido acerca de Ciencia, Tecnología y Sociedad, conscientes del impacto que la Ciencia y la Tecnología ejercen sobre la Sociedad y su mutua interacción. Y, finalmente, individuos capaces de pensar por sí mismos, tomar decisiones confiados de su capacidad para enfrentar lo nuevo y asumir responsabilidad ética de sus acciones.

...

*Miércoles, 12:00 A.M., cuatro meses después...
el laboratorio de la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud está
en calma. Los estudiantes, ya sin guardapolvos, conversan entre ellos
y con sus docentes. Están conformes con su rendimiento, con los
aprendizajes adquiridos y con la experiencia vivenciada. En los
cuadernos quedan sus anotaciones. Los mecheros se apagaron pero
persiste la experiencia. Las gradillas, tubos de ensayo, placas de Petri
y las pipetas tendrán una próxima oportunidad para participar en la
Ciencia. Mientras tanto, en el aire se respira un clima de satisfacción
y de alegría. Los actores empiezan a despedirse de la escena... el
escenario queda esperando que la curiosidad los vuelva a despertar.*

ANEXOS

ANEXO 1: MATERIAL DIDÁCTICO DE TPL – CAPÍTULO DEL MANUAL

MANUAL PRÁCTICO DE MICROBIOLOGÍA

Tomo II: Microbiología Ambiental II - Año de edición: 2012

Autores: Manacorda, Alvarez, Pezullo

Capítulo 2

RECuento EN PLACA DE BACTERIAS HETERÓTROFAS AEROBIAS MESÓFILAS TOTALES EN AGUAS

OBJETIVOS

- Brindar especificaciones para la toma y conservación de muestras de agua
- Determinar el número de bacterias viables heterótrofas en muestras de agua de diferentes sitios.
- Comparar los resultados obtenidos entre las diferentes muestras y sacar conclusiones.

INTRODUCCIÓN

Los estudios microbiológicos sobre muestras de agua se realizan con el fin de determinar su calidad sanitaria como así también conocer la ecología de dicho ambiente.

Muchas veces el agua puede estar con los parámetros adecuados de calidad físico química pero estar contaminada por la presencia de microorganismos, por lo que es importante determinar su calidad sanitaria. La potabilidad del agua se determina mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Los hábitats de agua dulce se clasifican de acuerdo a las propiedades químicas y físicas, dando una gran variedad de ambientes. A modo general, la capa superior del curso de agua es un hábitat favorable para microorganismos fotoautótrofos, debido a que los productores primarios tienen acceso ilimitado al dióxido de carbono atmosférico y la radiación luminosa. Allí se da un enriquecimiento de algunos nutrientes, acumulados por tensión superficial o bien por la presencia de los productores primarios, por lo tanto los microorganismos heterótrofos también proliferan en dicho espacio, utilizando los compuestos orgánicos. En el fondo del curso de agua, zona conocida como sedimento, los microorganismos son principalmente quimiorganotrofos. Algunos nutrientes sedimentan por gravedad, permitiendo así la descomposición aeróbica de los nutrientes orgánicos acumulados. Mientras que debajo de los mismos, donde el oxígeno comienza a agotarse, ocurre la descomposición anaeróbica de los compuestos orgánicos. La difusión del oxígeno en la profundidad es muy lenta, por lo cual en esta zona prevalece la presencia de microorganismos de metabolismo anaerobio.

La descomposición de la materia orgánica en ambientes acuáticos se debe en gran parte a bacterias. Son las primeras en colonizar las partículas orgánicas en descomposición (detritos), iniciando una red trófica en la que se produce el reciclado de nutrientes orgánicos de los detritos en un ecosistema. Mediante el consumo del material orgánico intervienen en la transformación del mismo hacia el carbono de la biomasa celular de los miembros autóctonos de los ecosistemas de agua dulce.

Página 1 de 4

MANUAL PRÁCTICO DE MICROBIOLOGÍA

Tomo II: Microbiología Ambiental II - Año de edición: 2012

Autores: Manacorda, Alvarez, Pezzullo

Capítulo 2: Recuento en placa de bacterias heterótrofas en agua

Las principales funciones ecológicas de los microorganismos de agua dulce son: descomponen la materia orgánica muerta liberando nutrientes útiles para la producción primaria, asimilan y reintroducen en la red trófica la materia orgánica disuelta, son fuente de alimento para otros organismos, como así también participan en la transformación y reciclado de nutrientes como nitrógeno, azufre, hierro, manganeso, etc.

El número de microorganismos, su biomasa y su actividad metabólica son las variables bióticas fundamentales en los ecosistemas microbianos. Una variación en el número de microorganismos en un período de tiempo, o comparando ambientes, se correlaciona con un cambio similar en la biomasa y actividad. Cualquier cambio en la temperatura, en la disponibilidad de nutrientes u otros factores ambientales, alteran la actividad microbiana.

El recuento de bacterias heterótrofas proporciona una valiosa información sobre la calidad del agua y el comportamiento de los microorganismos relacionados a la presencia de materia orgánica en un ambiente acuático en estudio.

Frecuentemente las muestras a estudiar tienen un número muy elevado de microorganismos, por lo que requieren de diluciones para mejorar su recuento. El método estandarizado y aprobado por APHA-AWWA sugerido para este estudio es el recuento en placa.

TÉCNICA: RECUESTO EN PLACA DE BACTERIAS HETERÓTROFAS AEROBIAS MESÓFILAS TOTALES EN AGUA

Para realizar el recuento de bacterias heterótrofas aerobias mesófilas totales en muestras de agua se deberá considerar el paso previo al análisis, que es la correcta toma de muestra.

Procedimiento

1. Toma de muestra de agua para análisis microbiológico

Se denomina toma de muestra al proceso de captación, conservación, transporte, manipulación y etiquetado de la muestra. Se deberán considerar una serie de cuidados a fin de que ésta conserve la representatividad del ambiente en estudio.

- Seleccionar el recipiente adecuado para contener la muestra, pudiendo ser de un plástico resistente o de vidrio. El mismo deberá estar en condiciones de esterilidad para muestras de agua clorada. Para el estudio de agua de ambientes naturales (depósitos, estanques, ríos, arroyos, lagos y pantanos), si no se cuenta con recipiente estéril el mismo deberá estar limpio y desinfectado. Los recipientes que vayan a utilizarse para tomar la muestra se mantendrán cerrados hasta el momento de llenarlos. Tener cuidado de no contaminar las tapas.
- Para captar agua de grifo (agua clorada) dejar fluir libremente por 5 minutos como mínimo, a fin de remover todo sedimento adherido a las tuberías. Finalmente captar la muestra, colocar la tapa y cerrar firmemente a fin de evitar contaminación atmosférica.

MANUAL PRÁCTICO DE MICROBIOLOGÍA

Tomo II: Microbiología Ambiental II - Año de edición: 2012

Autores: Manacorda, Alvarez, Pezzullo

Capítulo 2: Recuento en placa de bacterias heterótrofas en agua

- Para captar agua de ambientes naturales llenar el recipiente y volver a vaciarlo, a fin de que las paredes del mismo queden impregnadas del agua a estudiar. Posteriormente, realizar la carga definitiva del recipiente. Esto se realiza en el caso de no tener recipientes estériles.
- Dejar un amplio espacio aéreo en el recipiente, al menos 2,5 cm, para facilitar la mezcla por agitación antes de proceder al estudio. Sostener el recipiente cerca de su base con una mano y sumergirlo boca abajo. Girar el recipiente hasta que la boca apunte hacia la corriente. Si no hay corriente apreciable crear una corriente artificial empujando el recipiente horizontalmente. Extraer la muestra y cerrar rápidamente el recipiente.
- El tamaño de la muestra para el recuento de bacterias aerobias heterótrofas totales debe ser un volumen igual a 100 ml.
- Para lograr conservar la muestra, esta deberá ser mantenida en refrigeración (2 – 8 °C). Evitar que permanezca a temperatura ambiente, ya que podrían cambiar los valores originales en un breve período de tiempo. El tiempo entre la recolección de la muestra y su procesamiento no debe superar las 4 hs.
- Rotular los recipientes con datos descriptivos e identificativos del agua recolectada, sitio de muestreo, responsable que realizó la captación, fecha y hora de recolección.

2. Procesamiento de la muestra en laboratorio

- Realizar 10 diluciones seriadas de la muestra, según la carga microbiana que sospechemos que exista en la muestra problema se podrá aumentar o disminuir el nivel de dilución. Las diluciones deberán tener una concentración de 1/10, para lo cual se deberá tomar 1 ml de la muestra y diluir en 9 ml de agua destilada estéril, conformando así la primera dilución. De esta dilución tomar 1 ml y diluir en 9 ml de agua destilada estéril. Continuar esta sucesión de pasos hasta obtener tantas diluciones como sea necesario.

2.1 Método de recuento estándar en placa (agar volcado)

- Verter 1 ml de cada dilución, por duplicado, en placas de Petri estériles.
- Volcar 15 ml de agar nutritivo fundido y atemperado (42°C) en cada placa, homogeneizar mediante movimientos de translación y rotación. Dejar solidificar el agar.
- Incubar las placas a 20-28°C durante 7 días.
- Transcurrido el tiempo de incubación proceder a realizar el recuento.

2.2 Método de siembra por extension

- Sembrar 0,1 ml de cada dilución, por duplicado, en placas con agar Nutritivo. Considerar para el recuento final de colonias que este volumen representa la décima parte de la dilución que se está sembrando.
- Extender este inóculo con espátula de Drigalsky previamente esterilizada, para ello impregnarla en alcohol y pasarla por la llama del mechero.
- Incubar las placas a 20-28°C durante 7 días.
- Transcurrido el tiempo de incubación proceder a realizar el recuento.

MANUAL PRÁCTICO DE MICROBIOLOGÍA

Tomo II: Microbiología Ambiental II - Año de edición: 2012

Autores: Manacorda, Alvarez, Pezzullo

Capítulo 2: Recuento en placa de bacterias heterótrofas en agua

3. Interpretación de resultados

- Seleccionar la dilución cuyas placas presenten desarrollo estimativamente en un rango de entre 30 y 300 colonias.
- Contar las colonias de ambas placas y obtener el valor promedio de colonias para dicha dilución, la cual corresponde a la dilución a partir de la cual se sembraron las placas. El valor promedio de colonias es identificado como las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).
- Multiplicar el valor de UFC por la inversa de la dilución de la cual proceden, de este modo se estará refiriendo el valor al volumen tomado de la muestra original. El resultado se expresa como UFC/ml de muestra.
- Para el caso de la siembra mediante el método de siembra por extensión, el volumen sembrado en cada placa es 0,1 ml (una décima parte de la unidad en la que se deben expresar los resultados), por lo cual el número de colonias contadas deberá ser multiplicado por 10, para referenciar el resultado por cada 1 ml de muestra.

BIBLIOGRAFÍA

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. 1989. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 17th ed. APHA, Washington, D.C.USA. Part 9000.

Atlas, R. M., Bartha, R. 2001. "Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental". Editorial Addyson Wesley. Barcelona. 675 pp.

Díaz, R., Gamazo C., López-Goñi, I. 1999. "Manual Práctico de Microbiología". Cap. 16: Técnicas de recuento de bacterias. 2ª Ed. Editorial Masson S.A. Barcelona, España. 55 pp.

ANEXO 2. GRILLA PARA EVALUACIÓN DE LOS DIAGRAMAS EN V

Tabla 2

Criterio de puntuación para la evaluación de los elementos epistemológicos de los diagramas en V

Elemento epistemológico	Puntaje	Características
Pregunta central	0	No se identifica la pregunta central.-
	1	Existe pregunta central pero no está enfocada a los objetos/eventos, ni al eje conceptual.-
	2	La pregunta central incluye conceptos, pero no sugiere los objetos/eventos principales de la temática, o sugiere objetos/eventos que no se consideran en el estudio.-
	3	La pregunta central incluye conceptos relevantes que deben ser utilizados y sugiere los objetos/eventos principales para acompañar la búsqueda de las afirmaciones de conocimiento.-
Objetos/Eventos	0	No se identifican objetos/eventos.-
	1	El objeto/evento está identificado pero es inconsistente con la pregunta central.-
	2	Se identifican los objetos/eventos más importantes y son consistentes con la pregunta central.-
Eje conceptual	3	Se identifican los objetos/eventos más importantes, son consistentes con la pregunta central y sugiere qué registros deben ser tomados en cuenta.-
	0	No se identifica el eje conceptual.-
	1	Aparecen algunos conceptos, pero no se identificación principios ni teorías.-
	2	Se identifican los conceptos, dos o más principios relevantes, relacionados a la pregunta central.-
Registros y transformaciones	3	Se identifican los conceptos, principios y una teoría relevante, relacionados a la pregunta central. Se cita la bibliografía.-
	0	No se identifican registros ni transformaciones.-
	1	Se identificaron registros o transformaciones, pero no ambos, inconsistentes con la pregunta central.-
	2	Se identificaron los registros pero las transformaciones son inconsistentes con la pregunta central.-

Continúan en la página siguiente

	3	Se identificaron registros y transformaciones consistentes con la pregunta central y el objeto/evento principal.-
	0	No existen afirmaciones de conocimiento.-
	1	Las afirmaciones no están relacionadas al eje conceptual, o son inconsistente con los registros y transformaciones.-
Afirmaciones de conocimiento	2	La afirmación de conocimiento incluye los principales conceptos de la pregunta central y surge de las registros y transformaciones realizadas.-
	3	La afirmación de conocimiento incluye los principales conceptos de la pregunta central, surge de las registros y transformaciones realizadas, sugiriendo (o conduciendo) a una nueva pregunta central.-
	0	No se identifica afirmaciones de valor.-
Afirmaciones de valor	1	Se identifica la afirmación de valor pero está reemplazando a la afirmación de conocimiento.-
	2	Es consistente con las afirmaciones de conocimiento.-
	3	Por su redacción creativa pone de manifiesto cualidades especiales de dominio del conocimiento construido por los alumnos.-

Fuente: Adaptado de Chrobak (2010) y de Chamizo e Izquierdo (2007).

ANEXO 3. RENDIMIENTO ACADÉMICO: EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS

Instancia evaluativa: preguntas de los parciales referidas a la evaluación de los TPL

1.-TPL “Microorganismos del Aire”

Pregunta: Si tiene que realizar un análisis de hongos presentes en el aire, indique: qué técnica utilizaría, medio de cultivo, tiempo y temperatura de incubación.

2.-TPL “Recuento de bacterias heterótrofas en agua”

Pregunta: A partir del análisis microbiológico de bacterias aerobias heterótrofas totales en agua, mediante la técnica de recuento en placa por agar volcado, se obtuvieron los siguientes resultados (ver esquema).

A) Detallar los pasos para obtener el resultado.

B) Realizar los cálculos y expresar el resultado final.



Esquema representativo de desarrollo de colonias en placas de Petri

3.-TPL “Microorganismos indicadores de contaminación fecal”

Pregunta: Completar el cuadro A en la que se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de una muestra de agua mediante la Técnica de Fermentación en Tubo Múltiple para miembros del grupo de los Coliformes, se adjunta la Tabla Mc Crady para la obtención del resultado.

Cuadro A		
Volumen de inóculo	Medio CLVBB	Medio EC
10	+++	++-
1	++-	+- -
0,1	++-	- - -
Nº Característico		
Expresar el resultado		

4.-TPL “Pruebas Bioquímicas para la identificación de Enterobacterias”

Pregunta: Indique los ítems para las pruebas “INDOL” y “CITRATO”: a) Fundamento de la prueba, b) Medio de cultivo a utilizar, c) Reactivos necesarios, d) Lectura e interpretación de resultado positivo e) Lectura e interpretación de resultado negativo.

5.-TPL “Antimicrobianos”

Pregunta: A) Mencionar tres mecanismos de acción de los antimicrobianos.

B) ¿Qué es un antibiograma?

C) ¿Qué finalidad persigue la técnica de antibiograma por el método de difusión en disco?

6.-TPL 6 “Microorganismos del Suelo”

Pregunta: Luego de aplicar la técnica de recuento del número más probable (NMP) a una muestra de suelo, se obtuvieron los resultados presentados en el cuadro B. Indicar el resultado final, explicando los pasos y cálculos realizados. Utilizar la Tabla Mc Crady

presentada anteriormente. Peso de suelo seco: al de secar los 5 gr de suelo a 100 °C durante 24 hs, se obtuvo un peso de 4 gr.

<u>Cuadro B</u>			
Resultados de lectura de tubos			
10 ⁻¹	+	+	+
10 ⁻²	+	+	+
10 ⁻³	+	+	-
10 ⁻⁴	+	-	-
10 ⁻⁵	-	-	-
10 ⁻⁶	-	-	-
10 ⁻⁷	-	-	-
10 ⁻⁸	-	-	-
10 ⁻⁹	-	-	-
10 ⁻¹⁰	-	-	-

Anexo: Tabla Mc Crady

Tabla Mc Crady	
Comb. tubos positivos A- B- C	Cantidad de microorganismos
2- 1- 0	15
2- 1- 1	20
3- 1- 2	120
3- 1- 3	160
3- 2- 0	93
3- 2- 1	150
3- 2- 2	210

ANEXO 4. INSTRUMENTO DE ESTUDIO: CONCEPCIONES SOBRE LA CIENCIA

Tabla 3

Cuestionario para la identificación de concepciones de la Naturaleza del Conocimiento Científico (NCC) y Construcción y Validación del Conocimiento Científico (CVCC)

Tema	Orden	Afirmación	Grado de acuerdo				
NCC	01*	Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.	MA	A	I	D	MD
CVCC	02	Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o experimentación.	MA	A	I	D	MD
CVCC	03*	Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural el científico debe abstenerse de ideas previas.	MA	A	I	D	MD
NCC	04*	El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.	MA	A	I	D	MD
NCC	05	Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad es que puedan ser consideradas como incorrectas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	06*	Solo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones.	MA	A	I	D	MD
CVCC	07*	El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.	MA	A	I	D	MD
CVCC	08	Los resultados observacionales y experimentales siempre implican	MA	A	I	D	MD

Continúa en página siguiente

presupuestos teóricos.

NCC	09	Una importante característica del conocimiento científico es su falibilidad.	MA	A	I	D	MD
CVCC	10*	La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.	MA	A	I	D	MD
NCC	11*	Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición de la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
CVCC	12*	Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.	MA	A	I	D	MD
NCC	13	La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	14*	La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.	MA	A	I	D	MD
CVCC	15*	No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	16	La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto en estudio.	MA	A	I	D	MD
CVCC	17*	Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.	MA	A	I	D	MD
CVCC	18	El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.	MA	A	I	D	MD

Continúa en página siguiente

CVCC	19*	La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	20*	La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.	MA	A	I	D	MD
CVCC	21	Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.	MA	A	I	D	MD
NCC	22*	Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.	MA	A	I	D	MD
NCC	23*	Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es y cómo funciona de hecho la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
NCC	24	Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.	MA	A	I	D	MD
CVCC	25*	La metodología científica solo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.	MA	A	I	D	MD
CVCC	26	La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.	MA	A	I	D	MD
CVCC	27*	Una teoría debe estar en completo y total de acuerdo con la observación y experimentación.	MA	A	I	D	MD

Fuente: Vasques et al., 2011

Nota: Los asteriscos identifican los ítems cuyas respuestas fueron codificadas atribuyéndoles valor 1 para MA (muy de acuerdo), 2 para A (acuerdo), 3 para I (indeciso), 4 para D (en desacuerdo) y 5 para MD (muy en desacuerdo). Las respuestas en los demás ítems fueron codificadas de modo invertido. El cuestionario fue presentado a los encuestados sin la identificación de los temas (primera columna) y sin los asteriscos.

ANEXO 5. ENCUESTA ABIERTA: PERCEPCIONES DEL EMPLEO DEL DIAGRAMA EN V

Encuesta

Esta encuesta es anónima y tiene como objetivo conocer su apreciación respecto al uso del diagrama en V en los trabajos prácticos durante el cursado de Microbiología Ambiental II.

Le solicitamos que responda las preguntas que se detallan a continuación respecto a la elaboración de diagramas en V como informes de laboratorio:

1.- ¿Cómo le resultó la actividad?:

Aspectos positivos:

Aspectos Negativos:

2.- ¿Tuvo dificultades?.

3.- Indique para cada elementos epistemológico del diagrama en V, ¿cómo abordó su elaboración? ¿Tuvo dificultades? ¿Logró superar dicha dificultad a lo largo de la asignatura?

Pregunta central:

Eje conceptual:

Objetos y eventos:

Registros y transformaciones:

Afirmaciones de conocimiento:

Afirmaciones de valor:

Muchas gracias por su colaboración!

ANEXO 6. EJEMPLOS DE DIAGRAMAS EN V ANALIZADOS

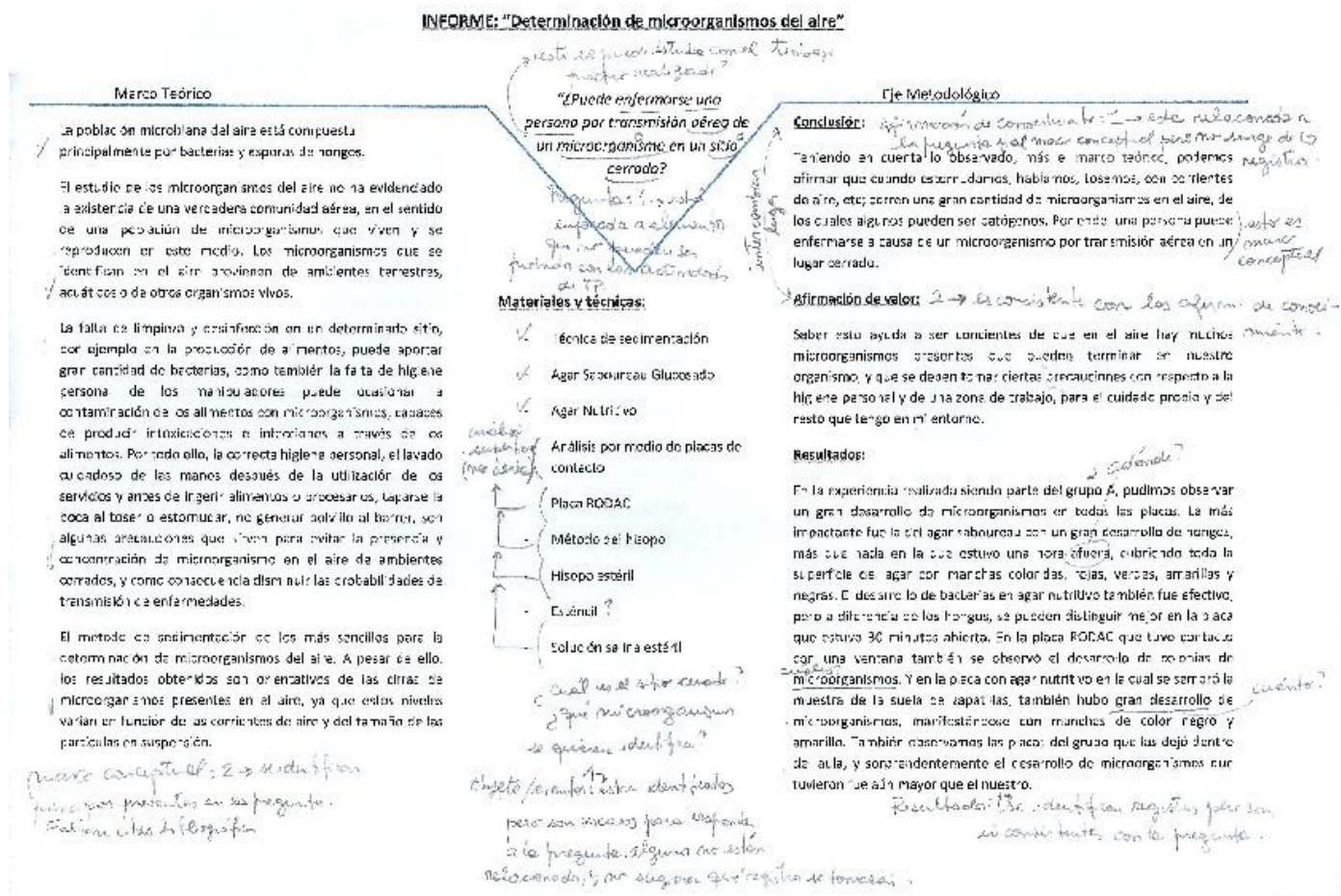


Figura 19. Diagrama en V de TPL "Microorganismos del aire", elaborado por alumno 1.

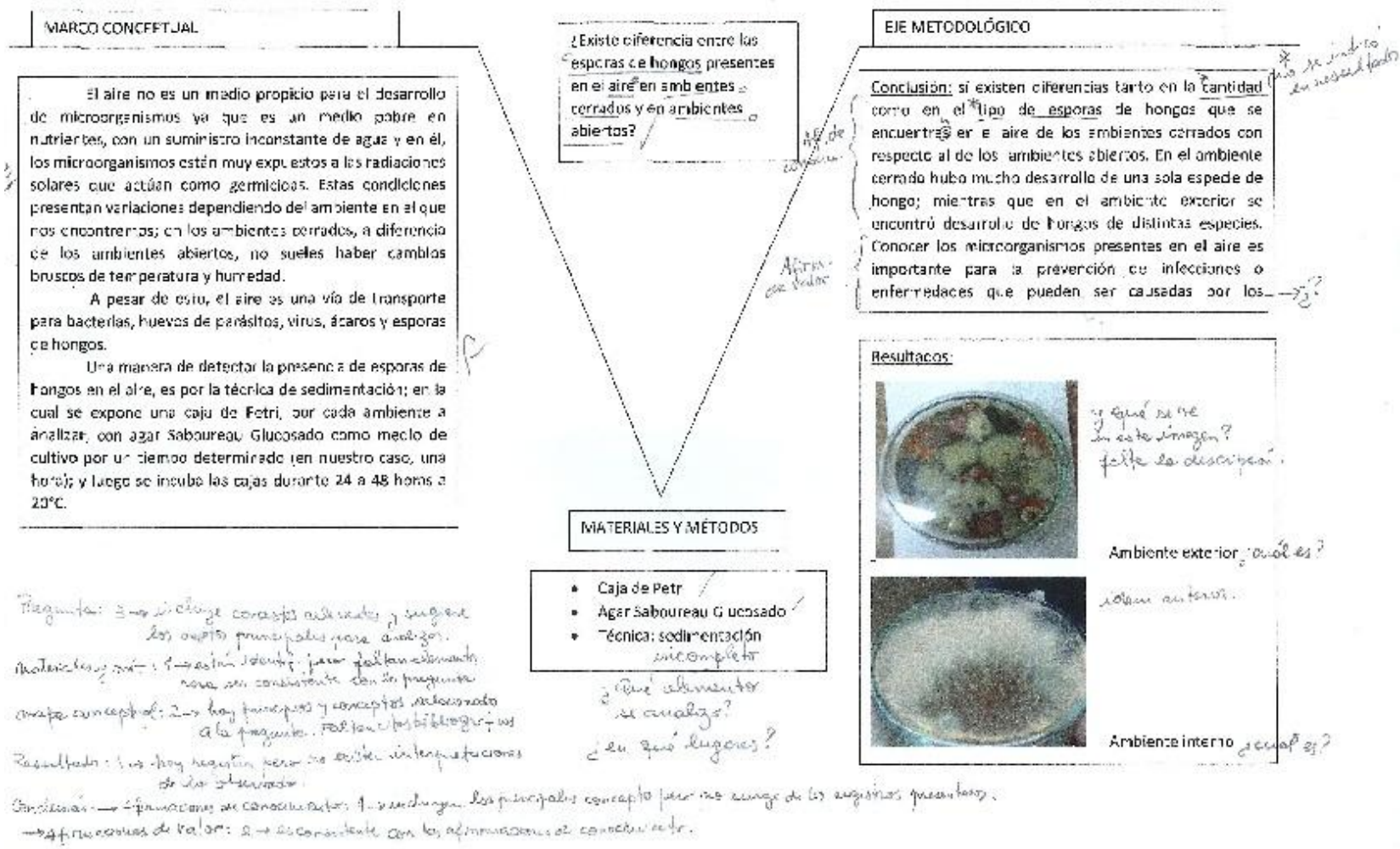


Figura 20. Diagrama en V de TPL "Microorganismos del aire", elaborado por alumno 2.

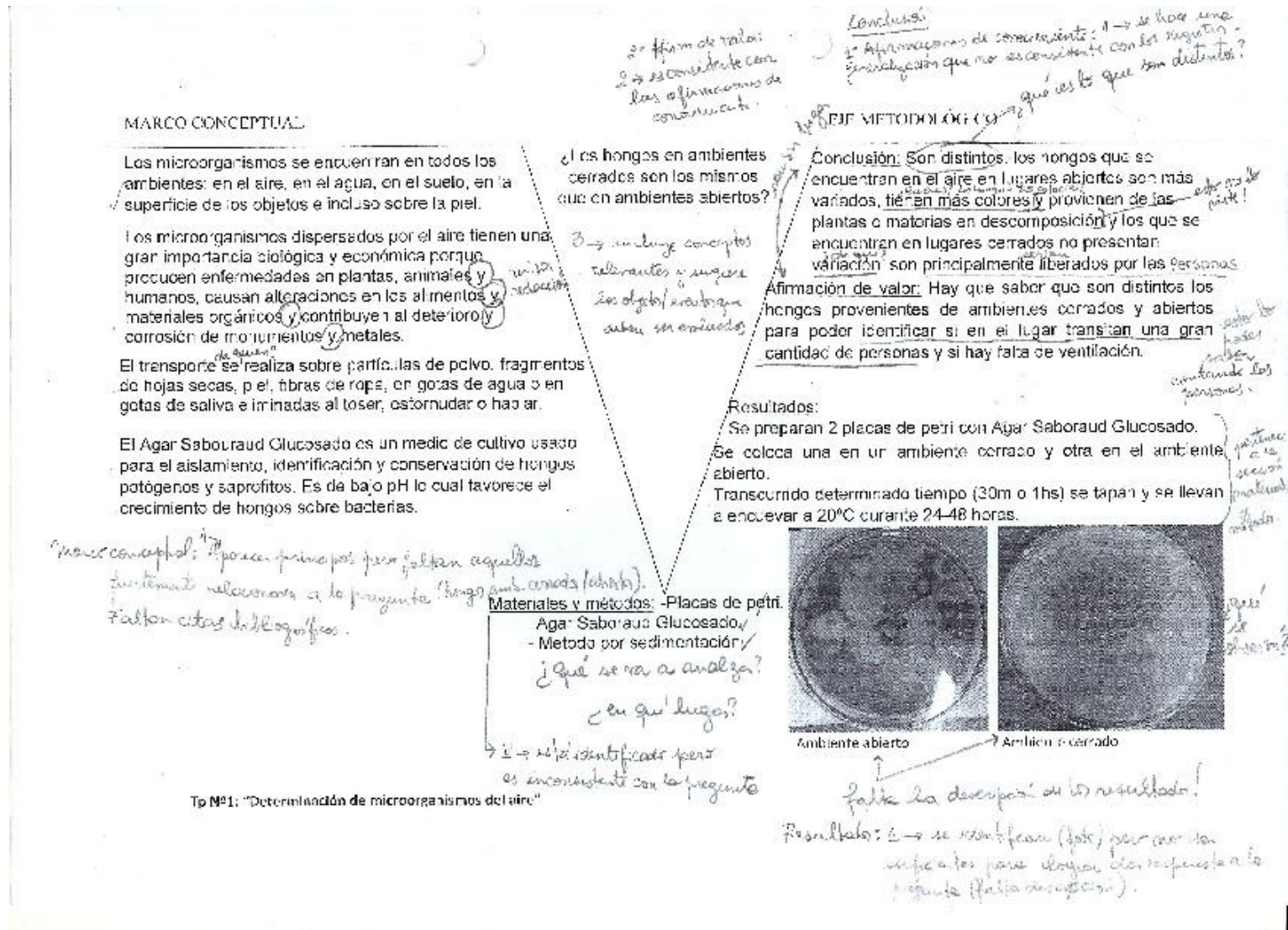


Figura 21. Diagrama en V de TPL "Microorganismos del aire", elaborado por alumno 3.

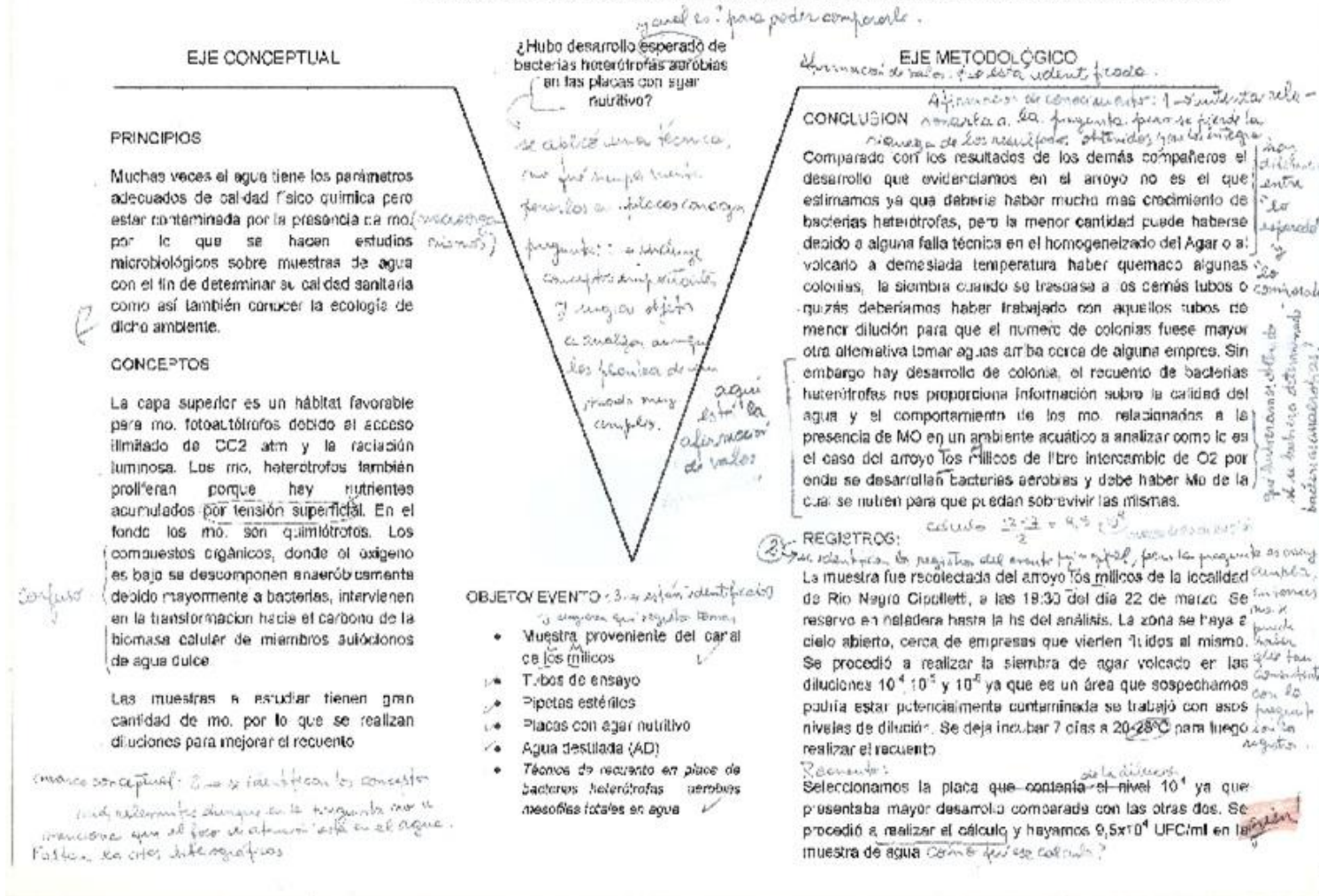


Figura 22. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 4.

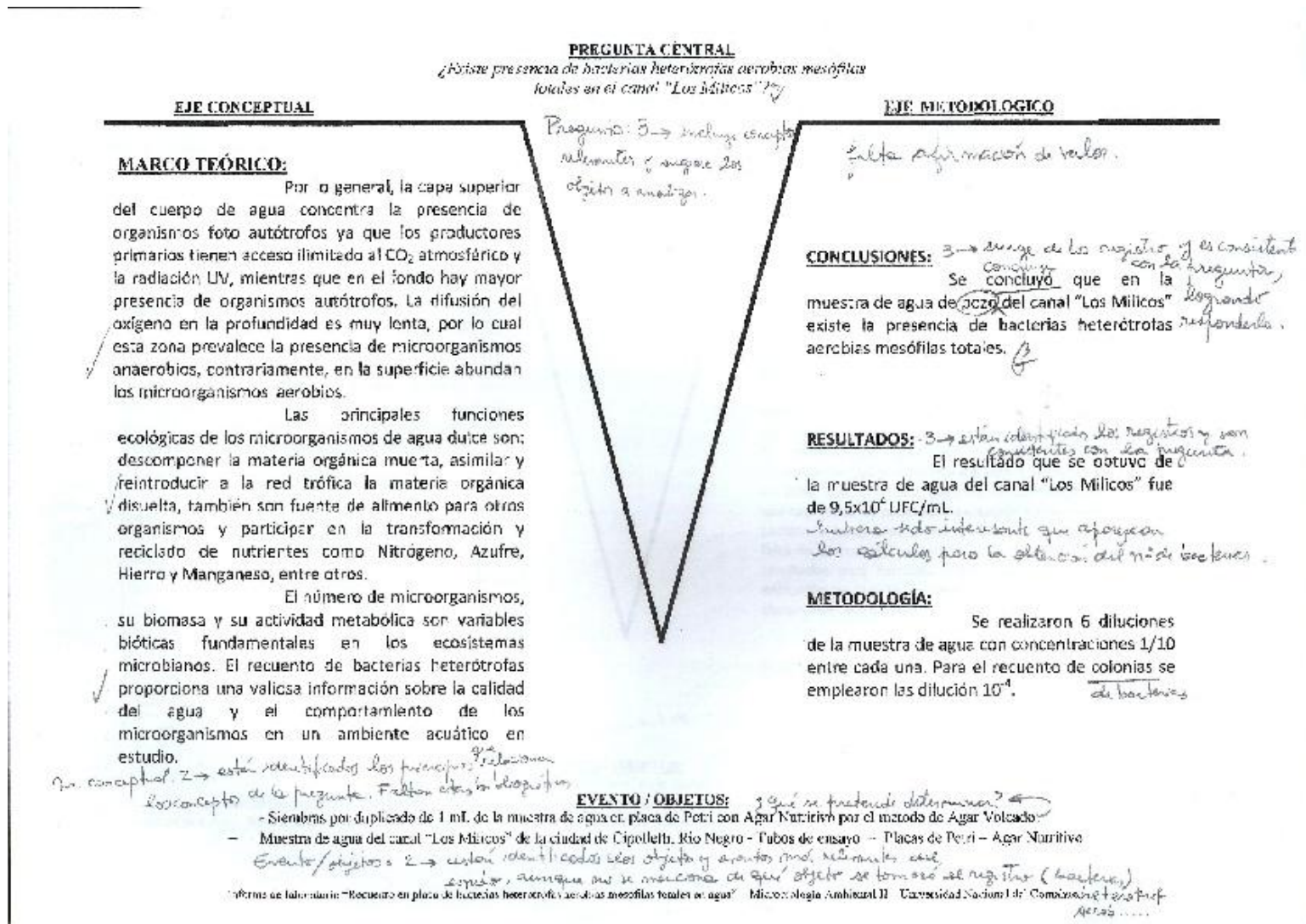


Figura 23. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 5.

INFORME: "Recuento en placa de bacterias heterótrofas aerobias mesófilas totales en aguas"

Responde al orden de las secciones:
 - A. de valor.
 - A. conclusiva (conclusión)

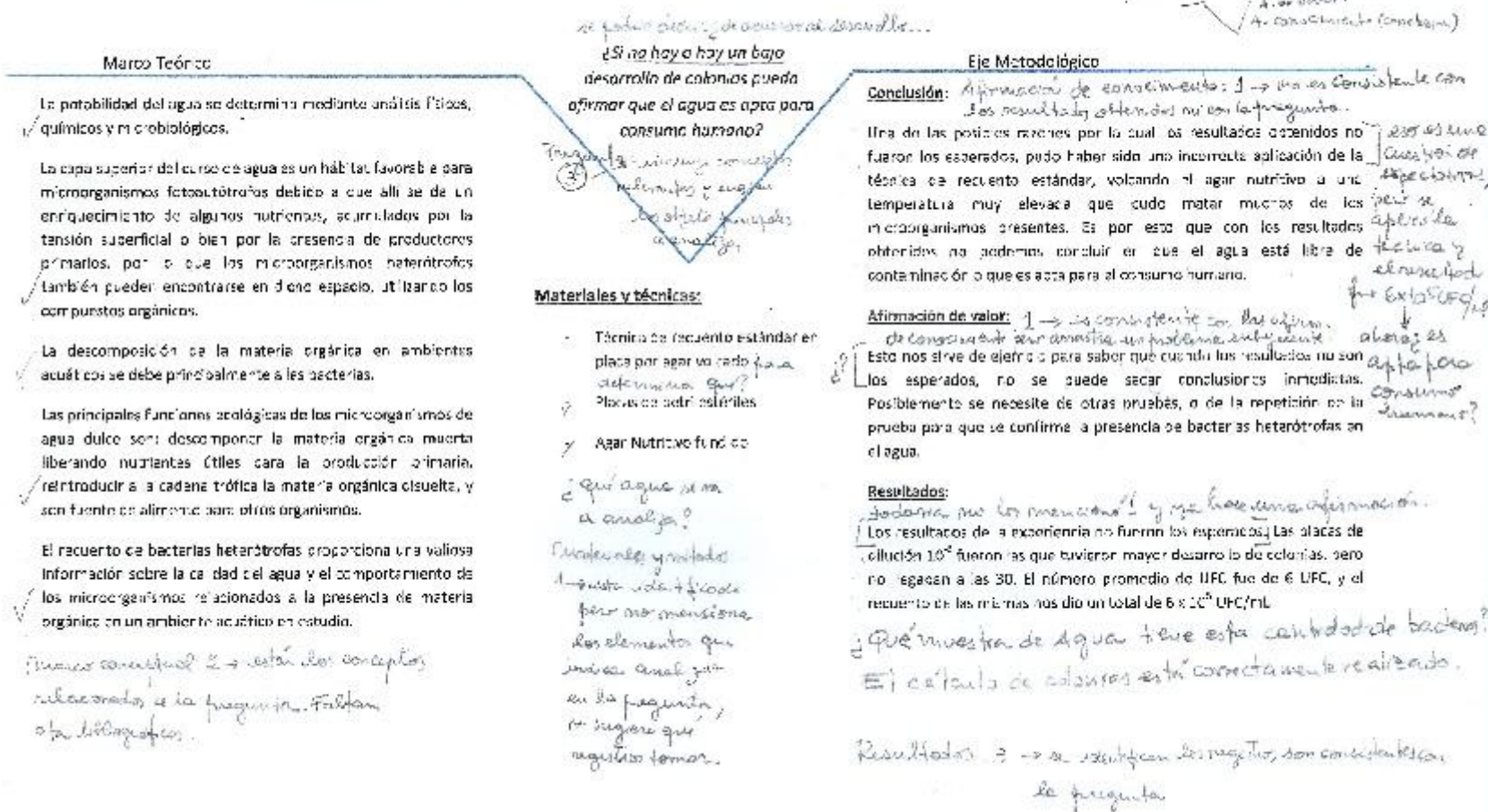


Figura 24. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 1.

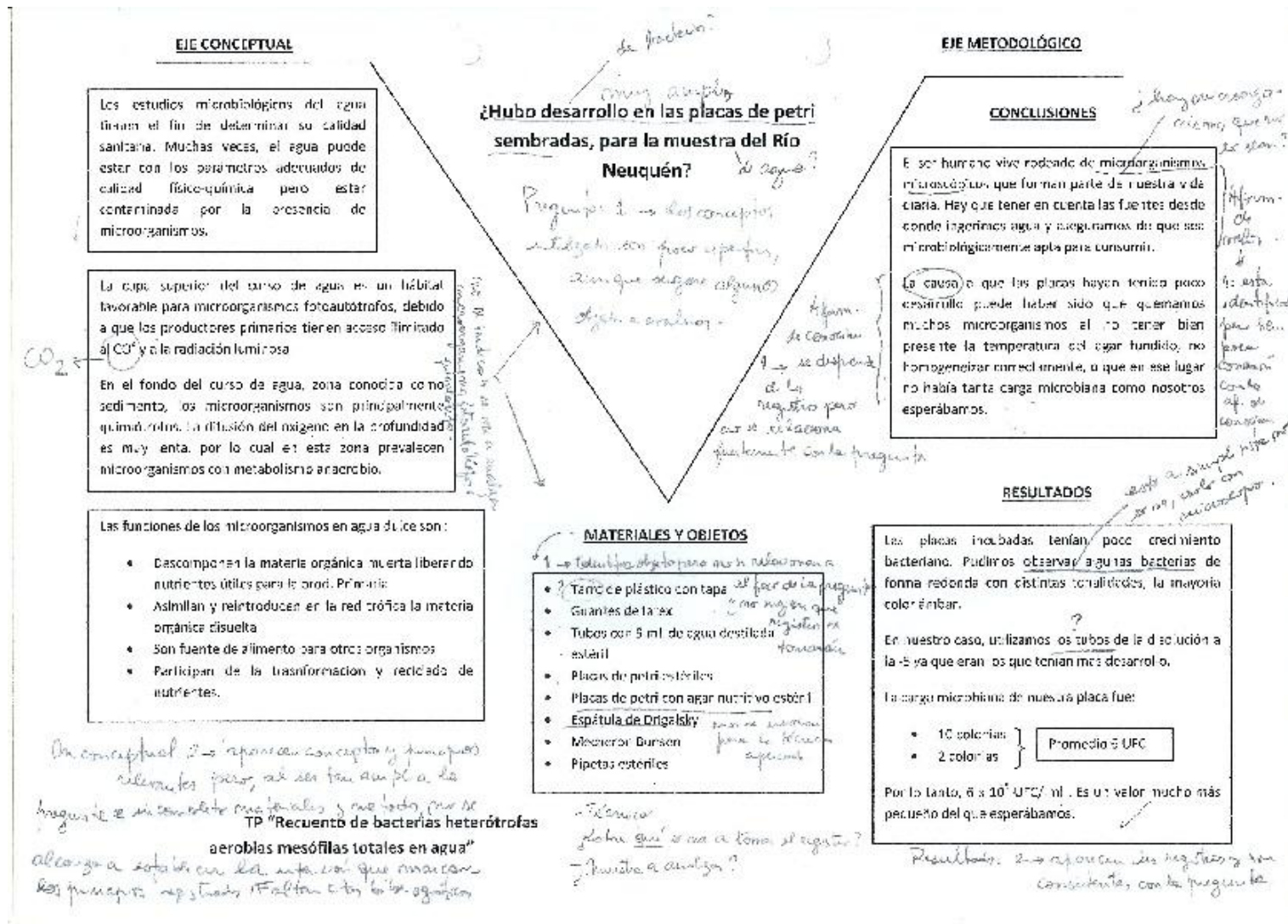


Figura 25. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 2.

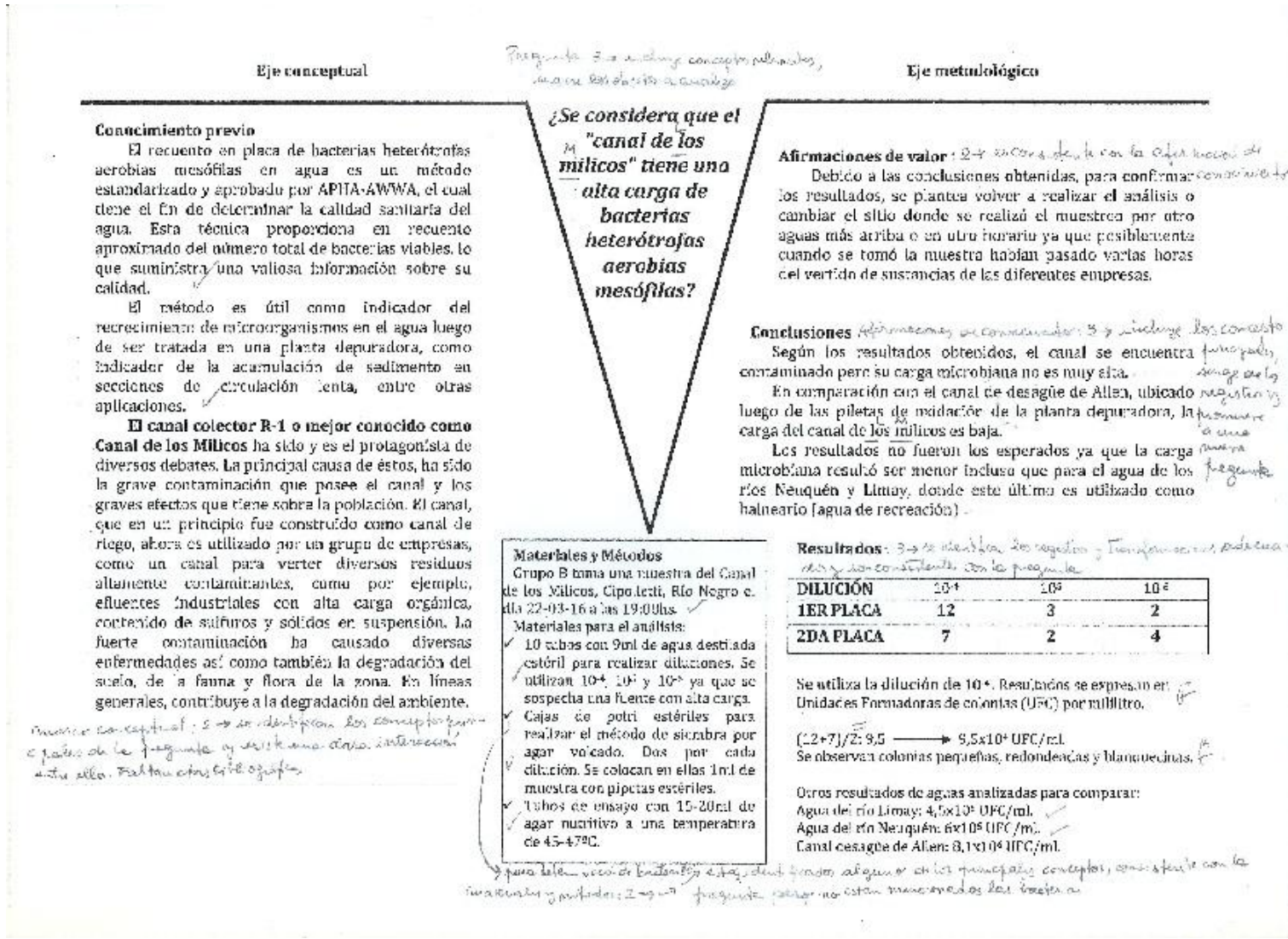


Figura 26. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias en agua", elaborado por alumno 6.

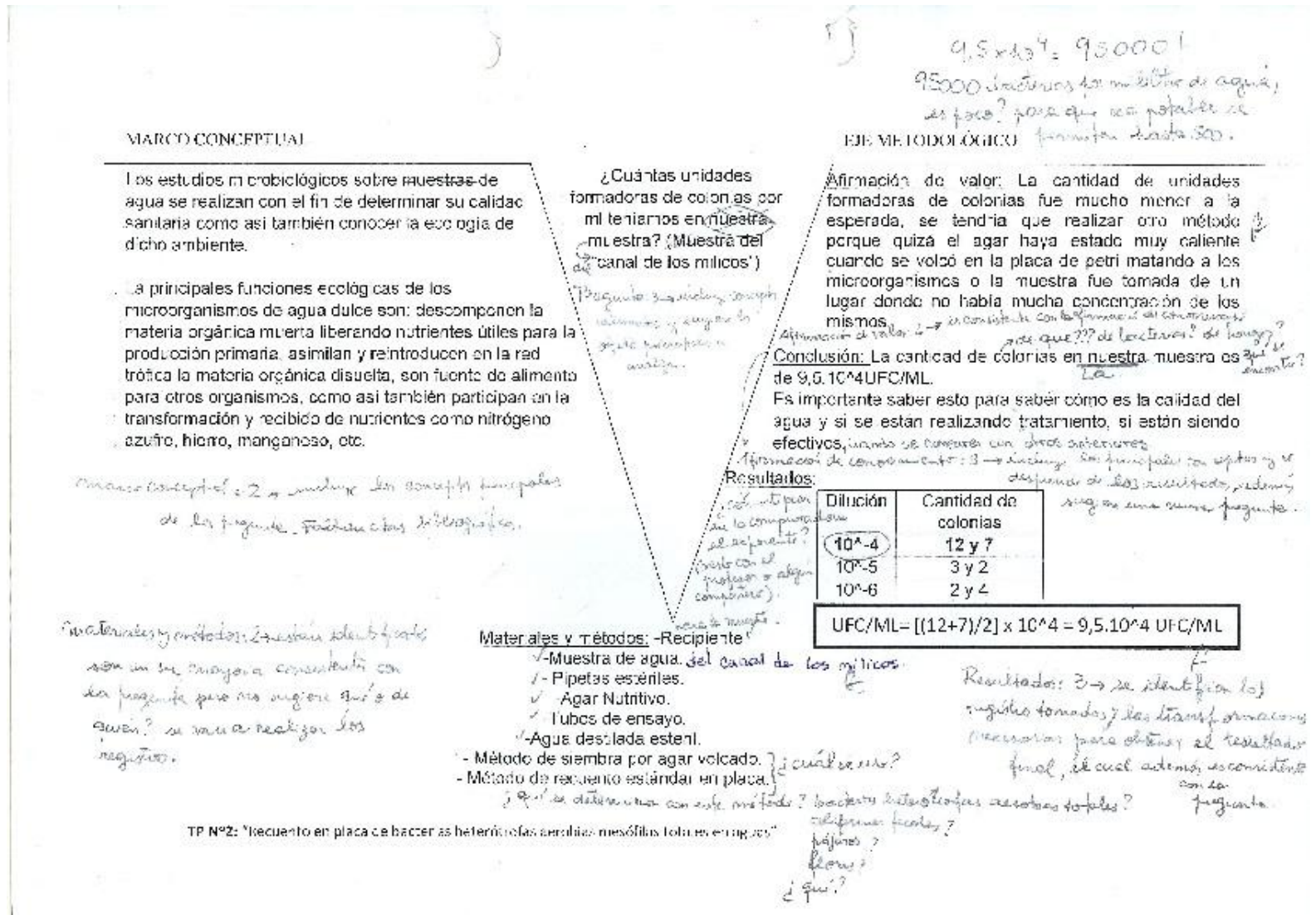


Figura 27. Diagrama en V de TPL "Recuento de bacterias heterótrofas en agua", elaborado por alumno 3.

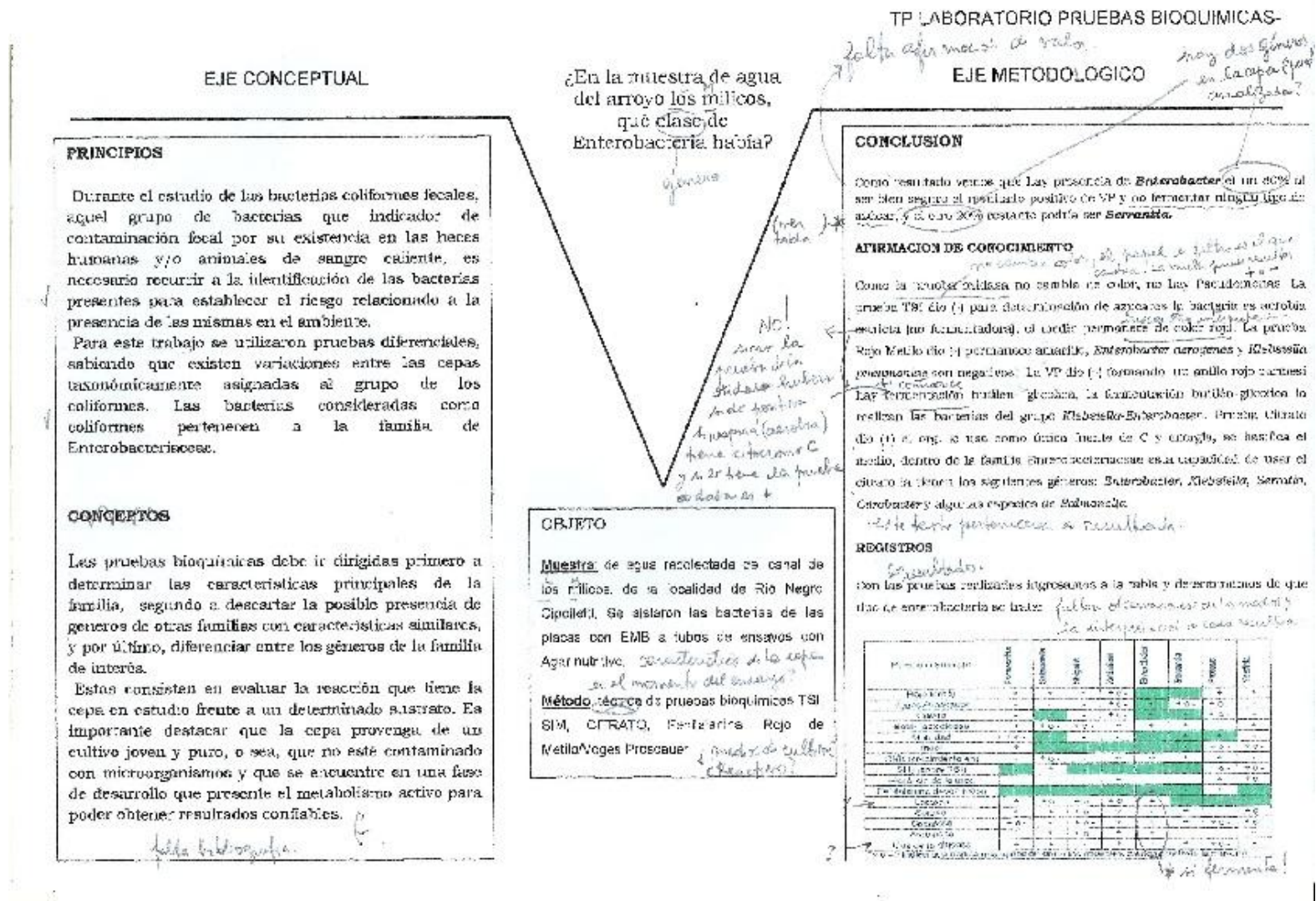


Figura 28. Diagrama en V de TPL "Pruebas bioquímicas para la identificación de enterobacterias", elaborado por alumno 2.

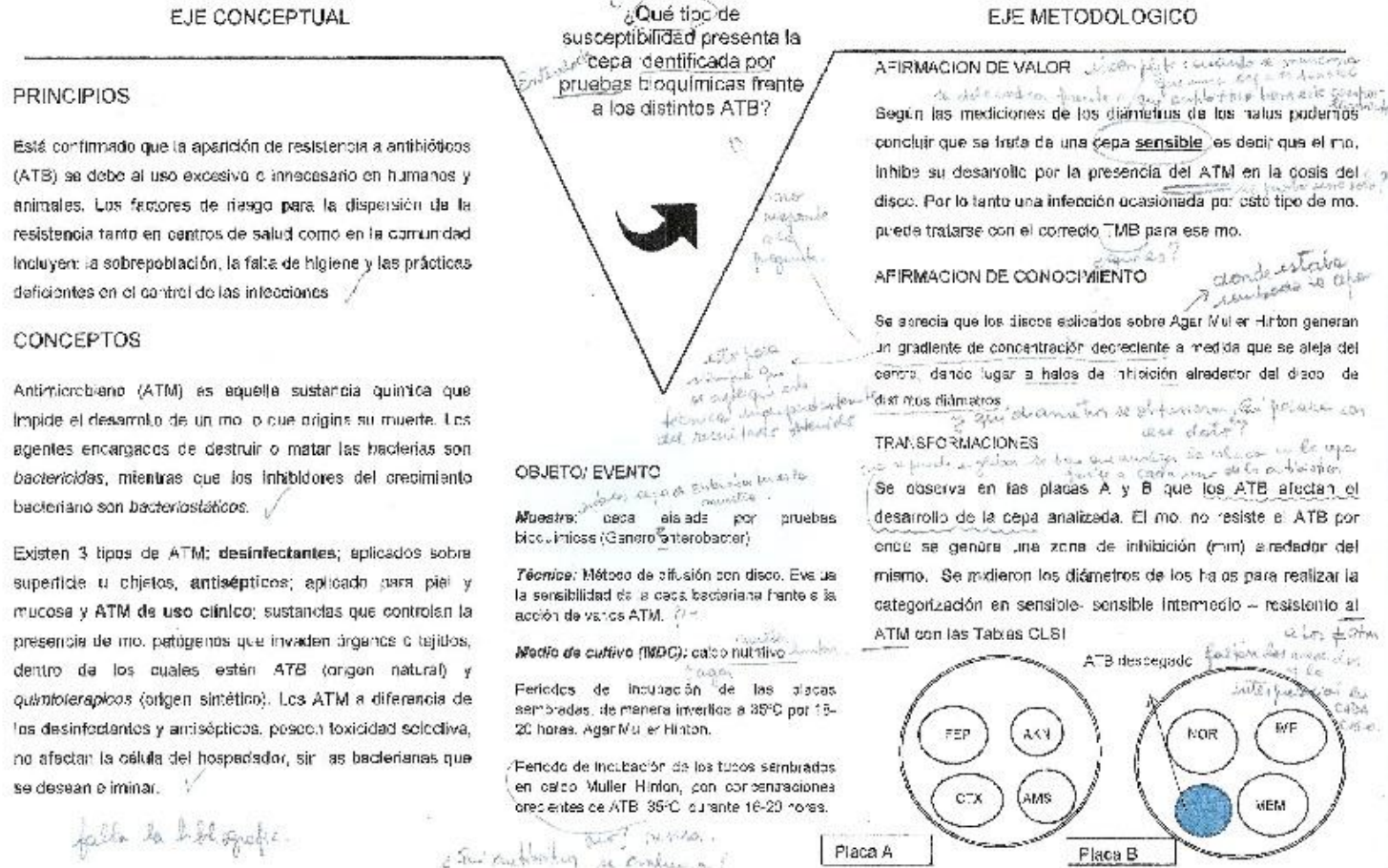


Figura 29. Diagrama en V de TPL "Susceptibilidad a antibióticos", elaborado por alumno 4.

ANEXO 7. PUNTAJE DE LOS DIAGRAMAS EN V ANALIZADOS

Tabla 4

Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 1 "Microorganismos del aire"

Alumno	PC	OE	EC	RT	AC	AV	Total
1	3	1	2	2	3	0	11
2	1	1	2	1	1	2	8
3	3	3	1	1	0	2	10
4	3	1	1	1	1	2	9
5	3	1	2	2	2	2	12
6	3	2	2	2	2	0	11
7	2	2	2	3	2	0	11
8	1	1	1	2	1	1	7
9	2	2	1	3	2	2	12
10	2	2	2	3	2	0	11
11	3	2	2	1	1	0	9
12	3	3	2	2	1	2	13
13	1	1	1	1	2	1	7
14	3	1	1	3	3	2	13
15	2	1	2	2	2	2	11
16	3	2	2	2	2	3	14
17	3	1	1	3	2	2	12
18	3	1	2	1	1	2	10

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a PC: pregunta central, OE: Objetos y Eventos, EC: Eje Conceptual, RT: Registros y Transformaciones, AC: Afirmaciones de conocimiento y AV: Afirmaciones de valor.

Tabla 5

Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 2 "Recuento de bacterias heterótrofas en agua"

Alumno	PC	OE	EC	RT	AC	AV	Total
1	2	3	2	2	1	1	11
2	3	1	2	3	1	1	11
3	1	3	0	3	2	0	9
4	3	2	2	3	3	2	15
5	3	2	2	2	2	0	11
6	1	3	2	3	2	2	13
7	3	2	2	3	2	2	14
8	2	1	2	3	2	2	12
9	3	2	2	3	3	0	13
10	2	1	2	1	1	0	7
11	3	2	2	1	1	1	10
12	3	2	2	3	3	2	15
13	1	1	2	2	1	2	9
14	1	2	1	1	1	2	8
15	2	2	2	2	1	1	10
16	3	2	2	3	2	2	14
17	1	2	2	1	1	1	8
18	3	2	2	3	3	3	16

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a PC: pregunta central, OE: Objetos y Eventos, EC: Eje Conceptual, RT: Registros y Transformaciones, AC: Afirmaciones de conocimiento y AV: Afirmaciones de valor.

Tabla 6

Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 3 "Microorganismos indicadores de contaminación fecal"

Alumno	PC	OE	EC	RT	AC	AV	Total
1	2	3	2	2	2	3	14
2	2	1	2	2	3	2	12
3	3	3	3	3	3	3	18
4	2	3	2	3	2	3	15
5	2	2	3	3	2	3	15
6	3	3	2	3	3	3	17
7	3	1	1	2	2	2	11
8	2	2	1	2	2	0	9
9	3	3	3	3	3	3	18
10	2	1	2	2	2	2	11
11	2	1	2	1	1	0	7
12	2	3	3	3	3	3	17
13	3	2	2	2	2	3	14
14	3	3	2	2	3	3	16
15	1	1	2	1	1	1	7
16	3	3	3	3	3	3	18
17	3	3	2	3	3	3	17
18	2	2	3	3	3	3	16

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a PC: pregunta central, OE: Objetos y Eventos, EC: Eje Conceptual, RT: Registros y Transformaciones, AC: Afirmaciones de conocimiento y AV: Afirmaciones de valor.

Tabla 7

Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 4 "Pruebas bioquímicas para la identificación de enterobacterias"

Alumno	PC	OE	EC	RT	AC	AV	Total
1	2	2	2	3	3	0	12
2	2	2	2	1	2	1	10
3	2	3	2	2	3	3	15
4	2	2	2	2	2	0	10
5	3	2	2	3	3	0	13
6	3	3	2	3	3	1	15
7	3	1	2	1	1	0	8
8	3	2	2	2	2	0	11
9	3	3	2	1	3	0	12
10	2	1	2	2	2	0	9
11	2	2	2	3	2	0	11
12	3	3	3	3	3	0	15
13	1	2	3	2	2	2	12
14	2	3	1	2	2	3	13
15	3	1	2	3	3	3	15
16	3	3	3	3	3	0	15
17	3	3	2	2	3	3	16
18	3	2	3	3	3	3	17

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a PC: pregunta central, OE: Objetos y Eventos, EC: Eje Conceptual, RT: Registros y Transformaciones, AC: Afirmaciones de conocimiento y AV: Afirmaciones de valor.

Tabla 8

Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 5 "Antimicrobianos"

Alumno	PC	OE	EC	RT	AC	AV	Total
1	3	2	2	1	1	1	10
2	3	3	2	1	2	2	13
3	3	2	2	2	3	3	15
4	3	1	2	2	3	0	11
5	3	3	3	3	2	2	16
6	3	2	2	3	3	2	15
7	3	1	2	2	3	3	14
8	3	2	2	2	3	2	14
9	3	3	3	3	3	1	16
10	1	1	3	2	1	1	9
11	2	1	1	1	1	0	6
12	3	3	3	3	3	1	16
13	2	1	3	3	3	2	10
14	3	2	1	3	1	2	12
15	3	1	3	3	1	0	11
16	3	3	3	3	3	3	18
17	1	1	3	2	1	1	9
18	3	3	2	3	3	3	17

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a PC: pregunta central, OE: Objetos y Eventos, EC: Eje Conceptual, RT: Registros y Transformaciones, AC: Afirmaciones de conocimiento y AV: Afirmaciones de valor.

Tabla 9

Puntaje obtenido por cada alumno en la evaluación del diagrama en V del TPL 6 "Microorganismos del suelo"

Alumno	PC	OE	EC	RT	AC	AV	Total
1	2	3	2	2	1	0	10
2	3	3	2	3	3	3	17
3	1	2	2	3	1	0	9
4	3	3	3	3	3	3	18
5	3	2	3	3	3	3	17
6	3	3	2	3	3	3	17
7	3	1	2	1	1	0	8
8	1	1	1	1	1	2	7
9	3	3	2	2	1	1	12
10	3	1	2	1	1	0	8
11	3	1	2	2	1	0	9
12	1	3	3	3	3	2	14
13	2	1	3	1	1	2	10
14	3	3	3	3	3	3	18
15	1	1	2	2	2	2	10
16	3	3	3	3	3	3	18
17	3	3	2	3	3	0	14
18	3	3	2	3	3	0	14

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a PC: pregunta central, OE: Objetos y Eventos, EC: Eje Conceptual, RT: Registros y Transformaciones, AC: Afirmaciones de conocimiento y AV: Afirmaciones de valor.

ANEXO 8. RENDIMIENTO ACADÉMICO EN LOS TPL

Tabla 10

Calificaciones en las instancias evaluativas en los seis TPL

Alumno	TPL 1	TPL 2	TPL 3	TPL 4	TPL 5	TPL 6	Promedio
1	1	0,5	0,8	0,9	1	1	0,86
2	1	0,5	0,5	0,2	0,9	0,9	0,66
3	1	0,6	0,5	0,2	0,9	1	0,70
4	0,6	0,8	0,5	0,7	0,5	1	0,68
5	0,6	0,9	1	0,3	0,7	1	0,75
6	0,9	1	0,5	0,9	0,9	0,5	0,78
7	0,75	0,9	0,5	0,5	0,5	1	0,69
8	1	0,5	0,5	1	0,9	1	0,81
9	0,9	1	0,5	0,8	0,4	1	0,76
10	0,75	0,9	0,9	0	0,55	1	0,68
11	0,6	0,6	0,5	0,15	0,33	0,4	0,43
12	1	1	0,5	1	0,95	0,9	0,89
13	0,75	1	0,5	1	0,9	1	0,85
14	1	1	1	0,9	0,7	0,5	0,85
15	0,75	0,5	0	0,3	0,77	1	0,55
16	0,8	0,8	0,5	0,9	0,77	0,9	0,77
17	0,75	0,5	1	0,1	0,6	1	0,65
18	1	1	1	1	0,6	1	0,96

ANEXO 9. ÍNDICES DE CONCORDANCIA CON AFIRMACIONES SOBRE NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (NCC), CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (CVCC)

Tabla 11

Índices de concordancia de afirmaciones sobre Naturaleza, Construcción y Validación del Conocimiento Científico correspondientes al Momento Inicial y Final del cursado

Alumno	Momento Inicial			Momento Final		
	Total	Ciencia 1: NCC	Ciencia 2: CVCC	Total	Ciencia 1: NCC	Ciencia 2: CVCC
1	3,1	3	3	3,66	3,35	4,2
2	3,37	3,1	3,4	3,4	3,05	4
3	2,7	2,3	3,5	3,07	2,8	3,5
4	2,9	2,5	3,5	3,25	2,82	4
5	3,2	2,88	3,8	3,44	3	4,2
6	2,6	2,2	3,2	3,55	3,05	4,4
7	3,3	2,88	4,1	3,22	3,17	3,3
8	2,8	2,5	3,4	3,18	3,05	3,4
9	3,5	2,94	4,5	3,59	3,35	4
10	2,8	2,5	3,4	2,77	2,4	3,4
11	3,4	2,82	4,4	3,88	3,47	4,6
12	3,3	3,1	3,7	3,51	3,52	3,5
13	3	2,4	4	4,07	4,05	4,1
14	2,55	2,1	3,3	4,9	2,88	3,5
15	3,1	2,88	3,6	2,6	2,4	3,1
16	3,2	3,05	3,6	3,29	3,52	2,9
17	3,2	2,8	3,9	3,25	2,8	4
18	3,4	3	4,2	4	3,94	4,1

Nota: Las abreviaciones utilizadas corresponden a NCC: Naturaleza del Conocimiento Científico, CVCC: Construcción y Validación del Conocimiento Científico.

LISTA DE REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3), 355-386.
- Adúriz Bravo, A. (2002). Un modelo para introducir la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento educativo*, 30 (julio), 315-330.
- Adúriz Bravo, A. (2013). A “semantic” view of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22 (7), 1593-1611.
- Adúriz Bravo, A. & Izquierdo, M. (2009). Un modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias*, febrero (2009), 40-49.
- Aguilar, T. (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Madrid, España: Narcea.
- Aikenhead, G. S. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Akindehin, F. (1988). Effect of an instructional package on preservice science teachers' understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education*, 72 (1), 73-82.
- Alaimo, V., Bosch, M., Kaplan, D., Pagés, C. & Pipani, L. (2016). *Empleos para crecer*. Banco Interamericano de Desarrollo.

- Alexander, P. (2006). *Psychology in learning and instruction*. Ohio, USA: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Álvarez, S. M. & Carlino, P. C. (2004). La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 251-262.
- Álvarez, A. S.; Stiefel, E. L & Pezzullo S. D. (2013). Presencia de enterobacterias resistentes a antibióticos en un arroyo contaminado con aguas residuales. *Revista Argentina de Microbiología*, 45 (1): 200.
- Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS). (2013). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press. Recuperado de: <http://www.project2061.org/esp/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- Anderson, C. W. & Hogan, K. (2000). Preface: Designing programs for science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (7), 627-628.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13 (1), 1-12.
- Angulo, F. (2002). *Formulación de un modelo de autorregulación de los aprendizajes desde la formación profesional del biólogo y del profesor de biología*. Tesis doctoral. Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York, USA: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva* Barcelona, España: Paidós.

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology, a cognitive view* (2^a Ed.). New York, USA: Holt, Rinehart and Wiston.
- Baird, J. R. & White, R. T. (1996). Metacognitive strategies in the classroom. En D. F. Treagust, R. Duit & B. J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in Science and Mathematics* (pp. 190-200). New York, USA: Teachers College Press.
- Bates, G. R. (1978). The role of the laboratory in secondary school science programs. En M. B. Rowe (Ed.), *What research says to the science teacher, Vol I.* (pp. 55-82). Whashington, DC, USA: National Science Teachers Association.
- Baker, L. & Brown, A. L. (1984). Metacognitive skills and reading. En R. Barr, M. Kamil, P. Mosenthal & P. Pearson (Eds.), *Handbook of Reading* (pp. 353-394). New York, USA: Logman.
- Bell, P. & Linn, M. C. (2002). Beliefs about science: How does science instruction contribute?. En B. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 321-346). Mahwah, New York, USA: Erlbaum.
- Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Samuel, D. & Kempa, R. F. (1977). Modes of instruction in high school Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 14, 433-439.
- Berger, P. L. & Luckmann, T. (2001). *La construcción social de la realidad*. Madrid, España: Amorrortur Editores.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R. & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45 (1), 27-31.
- Biggs, J. B. (1987). *Student approaches to learning and studyong*. Melbourne, Australia: Australian Council for Educational Research.

- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University: what the student does*. Maidenhead, England: Open University Press.
- Blank, J. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding. *Science Education*, 84 (4), 486-506.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. E. (1959). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain*. New York, USA: David McKay.
- Borkowski, J. G. & Muthukrishna, N. (1992). Moving metacognition into the classroom: “working models” and effective strategy teaching. En M. Pressley, K. R. Harris & J. T. Guthrie (Eds.), *Promoting academic competence and literacy in schools* (pp. 477-501). San Diego, USA: Academic Press.
- Boulter, C. J. & Gilbert, J. K. (2000). Challenges and opportunities of developing models in science education. En J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds), *Developing models in science education* (pp. 343- 362). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Brown, A. L. (1994). The advancement of learning. *Educational Researches*, 23 (8), 4-12.
- Brunner, J. J. & Ferrada H. R. (2011). *Educación Superior en Iberoamérica: Informe 2011*. Santiago de Chile, Chile: Ril Editors.
- Caine, G., Caine R. N., McClintic, C. & Kilmek, K. (2005). *12 Brain/Mind learning Principles in Action. Developing in executive functions of the Human Brain*. Thousand Oaks, CA, USA: Corwin Press.

- Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las Ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias, 18* (3), 369-380.
- Campanario, J. M. 2003. Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 21* (2), 319-328.
- Campione, J. C. (1987). Metacognitive components of instructional research with problem learners. En F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 117-140). Hillsdale, New York, USA: Lawrence Erlbaum.
- Carlino, P. (2002). ¿Quién debe ocuparse de enseñar a leer y a escribir en la universidad? Tutorías, simulacros de examen y síntesis de clases en las humanidades. *Lectura y Vida, Revista Latinoamericana de Lectura, 23* (1), 6-14.
- Carns, A. & Carns, M. (1991). Teaching study skills, cognitive strategies, and metacognitive skills through self-diagnosed learning styles. *School Counselor, 38* (5), 341-346.
- Cerda Gutiérrez, H. (2000). La creatividad en la ciencia y la educación. Bogotá, Colombia: Aula abierta.
- Chamizo, J. A. & Hernández, G. (2000). Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado. *Educación Química 11* (1), 182-187.
- Chamizo, J. A. & Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 51*, 9-19.
- Chen, P., Chavez, O., Ong D. C. & Gunderson, B. (2017). Strategic resource use for learning: A self-administered intervention that guides self-reflection on effective

- resource use enhances academic performance. *Psychological Science* 28 (6), 774-785.
- Chin, C. & Brown D. E. (2002b). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24 (5), 521-549.
- Chin, C. (2006). Using-self-questioning to promote pupils' process skills thinking. *School Science Review*, 87 (321), 113-119.
- Chinn, C. A. & Malhorta, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in the schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218.
- Chomsky, N. (1980). On cognitive structures and their development: a reply to Piaget. En M. Piattelli-Palmarini (Ed.), *Language and learning: The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky* (pp. 393-396). Cambridge, MA, USA: Harvard University Press.
- Chomsky, N. (1997). Language and problems of knowledge. *Teorema*, 16 (2), 5-33
- Chrobak, R. & Prieto, A. B. (2010). Enseñar críticamente: los mapas conceptuales y la UVE del conocimiento ¿pueden fomentar la creatividad?. En J. Sanchez, A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept maps: making learning meaningful. Proceeding of the Fourth International Conference on Concept Mapping*. Viña del Mar, Chile: Editores.
- Chrobak, R. (1997). Enseñanza de la Física y teoría cognitiva del aprendizaje significativo. *Revista Educación y Pedagogía*, 9 (18), 169-210.

- Chrobak, R. (2008). Una enseñanza creativa, para obtener aprendizajes creativos. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Jujuy*, 35, 115-129.
- Chrobak, R. (2010). *Volver a aprender el derecho a enseñar: metodología de enseñanza de las ciencias*. Neuquén, Argentina: Educo.
- Collins, H. & Pinch, T. (1993). *The Golem: what everyone should know about science*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Coob, P. & Yackel, E. (1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. *Educational Psychologist*, 31 (3/4), 175-190.
- Cortés, G., Luis, A. & de la Gándara, M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), 435-450.
- Cross, D. R. & Paris, S. G. (1998). Developmental and instructional analyses of children's metacognition and reading comprehension. *Journal of Education Psychology*, 80 (2), 131-142.
- Danusso, L., Testa, I. & Vicentini, M. (2010). Improving prospective teachers' knowledge about scientific models and modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education*, 32(7), 871-905.
- Davidowits, B. & Rollnick, M. (2003). Enabling metacognition in the laboratory: A case study of four second year university chemistry students. *Research in Science Education*, 33, 43-69.
- Davis, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *The Journal of the Learning Sciences*, 12 (1), 91-142.

- De la Barrera, M. L. (2008). Estilos y estrategias de aprendizaje, procesamiento hemisférico y rendimiento académico en alumnos universitarios. *Revista Digital Universitaria*, 9 (5), 1-12.
- Del Regno, P. M. (2013). Estrategias de enseñanza del profesor en el aula del nivel superior. *Revista Electrónica de Didáctica en Educación Superior*, 6 (1), 1-17.
- Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B. & Ruel, F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didackalia*, 1, 49-67.
- Doetsch, F. & Hen, R. (2005). Young and excitable: the function of new neurons in the adult mammalian brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 15 (1), 121-128.
- Driver, R. (1973). *The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students*. PhD thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, Hoboken, 84 (3), 287-312.
- Dunning, D., Johnson, K., Ehrlinger, J. & Kruger, J. (2003). Why people fail to recognize their own incompetence. *Current Directions in Psychological Science*, 12 (3), 83-87.
- Durkee, P. (1974). An analysis of the appropriateness and utilization of TPU with special reference to high-ability students studying physics. *Science Education*, 58 (3), 343-356.
- Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38 (1), 39-72.
- Duschl, R. A. (1998) La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 3-20.

- Escoria Caballero, R. E., Gutiérrez Moreno, A. V. & Henríquez Algarín, H. J. (2007). La educación superior frente a las tendencias sociales del contexto. *Educación y Educadores*, 10 (1), 63-77.
- Ezell, H. K., Hunsicker, S. A. & Quinque, M. M. (1997). Comparasion of two strategies for teaching reading comprehension skill. *Education and Treatment of Childen*, 20 (4), 365-382.
- Fernández Roich, C. (2013). *Study of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) and STEM-related issues in Argentina*. Recuperado de: <https://acola.org.au/wp/PDF/SAF02Consultants/Consultant%20Report-%20Argentina.pdf>
- Flavell, J. H. (1971). First discussant's comments: whats is memory development the development of?. *Human development*, 14, 272-278.
- Flores, J., Caballero Sahelices, M. C. & Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 68 (33), 75-111.
- Fourez, G. (2005). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires, Argentina: Colihue.
- Freire, P. & Faundez, A. (2013). *Por una pedagogía de la pregunta. Crítica a una educación basada en respuestas a preguntas inexistentes* (3 ed.). Buenos Aires, Argentina: Siglo XXI Editores. (Versión original 1985).
- Fresnadillo Martínez, M. J., Amado, D. C. & García Sánchez E., García J. E. (2005). Metodología docente para la utilización del cine en la enseñanza de la Microbiología Médica y las enfermedades infecciosas (en línea). *Revista de*

- Medicina y Cine*, enero 2005, 1 (1). Recuperado de:
<http://fundacion.usal.es/revistamedicina/nuevo/index.php/volumenes/volumen1/num1/26>.
- Fulcher, K. (2004). Towards measuring lifelong learning: the Curiosity Index. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, 65 (2-A), 481.
- Furman, M. & Zysman, A. (2001). *Ciencias Naturales: Aprender a investigar en la escuela. La curiosidad como motor de aprendizaje*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones novedades educativas.
- Gagné, R. M. (1963). The learning requirements for enquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1 (2), 144-153.
- Galagovsky, L. R. & Adúriz Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.
- Galagovsky, L. R., Bonán, L. & Adúriz Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en el aula. Un análisis desde la observación de clases de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 315-321.
- Gardner, H. (1985). *La nueva ciencia de la mente*. Barcelona, España: Paidós.
- Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, 26 (3), 365-383.
- Georghiades, P. (2001). *Dimensions of meta-conceptual change learning in science education: the role of methacognition in the durability and contextual use of pupils' conceptions*. Unpublished Ph. D. thesis, Roehampton, University of Surrey, England.

- Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Minneapolis, USA: University of Minnesota Press.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71 (5), 742-752.
- Gil Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.
- Gil Pérez, D. & Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
- Gil Pérez, D. & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (1), 73-79.
- Glaser, R. (1994). Learning theory and instruction. En G. D'Ydewalle, P. Eelen & B. Bertelson (Eds.), *International perspectives on psychological science*, Vol 2. (pp. 341-357). New York, USA: Erlbaum.
- Glaserfeld, E. Von. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. London, England: The Falmer Press.
- Glaserfeld, E. Von. (1998). Cognition, construction of knowledge and teaching. En M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in Science Education* (pp. 11-39). Dordrecht, Netherlands: Springer.

- Golombek, D. (2008). *Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*. IV Foro Latinoamericano de Educación: Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades. Buenos Aire, Argentina: Fundación Santillana.
- González Fernández, A., Rinaudo, M. C. & Donolo, D. (2010). Motivación y ajuste emocional. Estudios en universitarios españoles y argentinos. En M. C. Rinaudo & D. Donolo (Comps.), *Estudios sobre motivación. Enfoques, resultados, lineamientos para acciones* (pp. 379-399). Rio Cuarto, Argentina: Universidad Nacional de Rio Cuarto.
- González García, M. I., López Cerezo, J. A. & Luján López, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad, una introducción al estudio social de la Ciencia y la Tecnología*. Madrid, España: Tecnos.
- Gowin, D. (1981). *Educating*. Ithaca, New York: Cornell University Press. Traducido al castellano, 1985. *Hacia una teoría de la educación*. Buenos Aires, Argentina: Aragón.
- Graue, M. E. (1993). Integrating theory and practice through instructional assessment. *Educational Assessment*, 1, 293-309.
- Grau Sanchez, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación?. *Alambique*, 2 (octubre), 27-35.
- Guardian, B. & Ballester, A. (2011). UVE de Gowin instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencias. *Revista Electrónica de Investigación, Innovación Educativa y Socioeducativa*, 3 (1), 51-62.

- Gunstone, R. & Mitchell, I. J. (1998). Metacognition and conceptual change. En J. L. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Noval (Eds.), *Teaching for science aducation: A human constructivist view* (pp. 133-163). San Diego, CA, USA: Academic Pres.
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.
- Harlen, W. (1998). El lenguaje y el desarrollo científico. En W. Harlen (Ed.) *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias* (pp. 97-112). Madrid, España: Morata.
- Harres, J. B. S. (1999). Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a Natureza da Ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (3), 197-211.
- Haukoos, G. D. & Penik, J. E. (1985). The effects of classroom climate on college science students: A replication study. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (2), 163-168.
- Herrera San Martín, E. (2016). *Indagación y modelización con el diagrama Uve de Gowin en la formación inicial del profesorado de ciencias de educación secundaria*. Tesis doctoral. Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Hill, B. W. (1976). Using college chemistry to influence creativity. *Journal of Research in Science Teaching*, 13, 71-77.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20, 53-66.

- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2), 115-135.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for and alternative future. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 645-670.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in Science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28 – 54.
- Hofstein, A. (1988). Practical work and science education. En P. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in Science Education* (pp. 169-188). London, England: Flamer Press.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and practice*, 5 (3), 247 – 264.
- Hrbáčková, K., Hladík, J. & Vávrová, S. (2012). The relationship between locus of control, metacognition, and academics success. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 69, 1805-1811.
- Hurd, P. D. (2002). Modernizing science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (1), 3-9.

- Izquierdo, M. (1995). La V de Gowin como instrumento para la negociación de los lenguajes. *Aula de innovación Educativa*, 43, 27-33.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. Perales & P. Cañal (Comps.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 35-64). Alcoy, España: Marfil.
- Izquierdo, M. (2014). Theoretical models in “science for everyone” teaching (ESO, high school level). *Biografía, Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7 (13), 69-85.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). Argumentar y usar pruebas en clases de ciencias. En L. Fernández-López (Coord.), *Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica* (pp. 4-15). Barcelona, España: Aula de Verano.
- Johnson, D. W. (1979). *Educational Psychology*. Englewood Cliffs, New York, USA: Prentice-Hall, Inc.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a Cognitive Science of language, inference, and consciousness. Number 6 of Cognitive Science series*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Kahle, J. B. & Boone, W. (2000). Strategies to improve student science learning: Implications for science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 11 (2), 93-107.
- Kelly, G. J. & Anderson, C. W. (2000). Learning with understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (8), 757-759.

- Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6 (3), 601-627.
- Kuhn, D. (1999). Metacognitive development. En L. Balter & C. S. Tamis-LeMonda (Eds.), *Child psychology: Handbook of contemporary issues* (pp. 259-286). Philadelphia, PA, USA: Psychology Press.
- Landine, J. & Stewart, J. (1998). Relationship between metacognition, motivation, locus of control, self-efficacy, and academic achievement. *Canadian Journal of Counselling*, 32 (3), 200-212.
- Lawson, A. E. (1982). The nature of advanced reasoning and science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 743-760.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the Nature of Science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of research in science teaching*, 36 (8), 916-929.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present and future. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1 (3), 138-147.

- Lee, M. H., Wu, Y. T. & Tsai C. C. (2009). Research trends in Science Education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31 (15), 1999-2020.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona, España: Paidós.
- Lifschitz, V., Bobadilla, A., Esquivel, P., Giusiano, G. & Merino, L. (2010). Aplicación del aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de la Microbiología en estudiantes de Medicina. *Educación Médica*, 13 (2), 107-111.
- Lin, T. C., Lin, T. J. & Tsai, C. C. (2013). Research trends in Science Education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education* 36 (8), 1346-1372.
- Linn, M. C., Matuk, C. & McElhaney, K. W. (2016). Science education: from separation to integration. *Review of Research in Education*, 40, 529-587.
- Llamas Company, I., Martínez-Checa Barrero, F., González Domenech, C. M., Ferrer Moreno, M. R., del Moral García, A., Béjar Luque, V. & Quesada Arroquia, E. (2010). Nueva estrategia docente: la enseñanza de la Microbiología a través de su historia. *ARS Pharmaceutica*, 51 (2), 511-518.
- Lledó, L., González, R. & Saz J. V. (2010, Septiembre). Enseñanza-aprendizaje de Microbiología y Parasitología mediante la resolución de casos por pequeños grupos. Trabajo presentado en VII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria, Madrid. Recuperado de: <http://abacus.universidadeuropea.es/handle/11268/1864>.
- Lock, R. (1990). Assessment of practical skills. Part 2: Context dependency and construct validity. *Research in Science and Technological Education*, 8 (1), 35-52.

- Locke, J. (1924). *An essay concerning human understanding*. Oxford, England: Clarendon Press.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. En B. J. Frase & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 249-264). London, England: Kluber.
- Marco Stiefel, B. (2004). Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas. *Cultura y Educación*, 16 (3), 273-287.
- Marín Martínez, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 80-92.
- Massa, M. B. & Rassetto, M. J. (2009). Lenguajes e interacción en clases de ciencias. En M. J. Rassetto & M. B. Massa (Eds.), *Ciencias Naturales: aportes desde la investigación educativa* (pp. 17-33). Neuquén, Argentina: Educo.
- Matas, L., Osorio, L., Sokil, J. P., Polino, C. & Crespo, M. (2018). Las universidades, pilares de la ciencia y la tecnología en América Latina. III Conferencia Regional de Educación Superior, junio 2018. Córdoba, Argentina. Recuperado de: <http://www.octs-oei.org/manual-vinculacion/2-uncategorised/65-cres-2018-las-universidades-pilares-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-america-latina>
- Maw, E. & Maw, W. (1972). Curiosity and the recognition of verbal absurdities. *Journal of Educational Psychology*, 63 (5), 558-562.
- Mc Ginn, M. & Roth, W. M. (1999). Preparing students for competent scientific practice: implication of recent research in Science and Technology studies. *Educational Researcher*, 28 (3), 14-24.

- Meinardi, E. (2009). Desarrollo profesional docente a propósito de una educación científica de calidad en escuelas inclusivas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(8), 1-9.
- Menín, O. & Temporetti, F. (2005). *Reflexiones acerca de la escritura científica: investigaciones, proyectos, tesis, tesinas y monografías*. Rosario, Argentina: Ediciones HomoSapiens.
- Millar, R. & Osborne, J. F. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London, England: King's College London.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 101 (2), 343-352.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (2009). *Indicadores de Ciencia y Tecnología Argentina 2009*. Recuperado de: <http://www.mincyt.gob.ar/tag/indicadores>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (2012). Portales de divulgación: *TECtv, la señal de la Ciencia*. Recuperado de: <http://www.mincyt.gob.ar/divulgacion/tectv-6485>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (2015). *Indicadores de Ciencia y Tecnología Argentina 2015*. Recuperado de: <http://www.mincyt.gob.ar/indicadores/indicadores-de-ciencia-y-tecnologia-argentina-2015-13044>
- Ministerio de Educación de República Argentina (2017). *Síntesis de información: Estadísticas universitarias, 2016-2017*. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/educacion/universidades/sintesis-de-informacion-universitaria-2016-2017>

Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la República Argentina (2018).

TECtv, la señal de la Ciencia. Recuperado de: <http://www.tectv.gob.ar/>

Moreira, M. A., Greca, I. M. & Rodríguez Palmero M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (3), 37-57.

Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. *Ciência & Educação*, 9 (2), 301-315.

Moreira, M. A. & Levandowski, C. E. (1983). *Diferentes abordagens ao ensino de laboratorio*. Porto Alegre, Brasil: Editora da Universidades.

Moreira, M. A. & Novak, J. D. (1988). Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordos metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 3-18.

Moreira, M. A. (2002). A teoría dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciencias e a pesquisa nesta área (en línea). *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), 7-27.
Recuperado de: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

Moreira, M. A. (2007). Diagramas y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, 6 (2), 3-12.

Moreira, M. A. & F. Ostermann (1993). Sobre o ensino do método científico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 10 (2), 100-117.

Moreira, M. A. (2010). ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales?. *Qurrriculum* 23, 9-23.

- Morrison, M. & Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. En M.S. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as mediators: Perspectives on natural and social science* (pp. 10–37). Cambridge, USA: Cambridge University Press.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change?. *Science & Education*. 4 (3), 267-285.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC, USA: National Academic Press.
- Nietfeld, J. L. & Schraw, G. (2002). The effects of knowledge and strategy training on monitoring accuracy. *The Journal of Educational Research*, 95 (3), 131-142.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (1988). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid, España: Alianza Universidad.
- Nuthall, G. (2000). El razonamiento y el aprendizaje del alumno en el aula. En B. J. Biddle, T. L. Godoy & Goodson I. F. (Eds.), *La enseñanza y los profesores: La enseñanza y sus contextos*, Vol. 2 (pp. 19-114). Barcelona, España: Paidós.
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) (2018). *Argentina: el estado de las políticas públicas docentes*. Recuperado de: http://panorama.oei.org.ar/_dev2/wp-content/uploads/2018/03/ARGENTINA-El-estado-de-las-pol%C3%ADticas-p%C3%ABlicas-docentes.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2010). *Engineering: issues, challenges and opportunities for development*. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). *Manual de Bioseguridad en el Laboratorio*. Ginebra, Suiza. Recuperado de: http://www.who.int/topics/medical_waste/manual_bioseguiridad_laboratorio.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2007). *PISA 2006: Programa para la evaluación internacional de alumnos de la OCDE*. Recuperado de: <http://educalab.es/>
- Paolini, P. V. (2008). Motivación para el aprendizaje. Aporte para su estudio en el contexto de la universidad. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de San Luis, Argentina.
- Paris, S. G. & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. En B. F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 15-51). Hillsdale, New York, USA: Lawrence Erlbaum.
- Pérez Echeverría, M. P. & Pozo, J. I. (1994). Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender. En J. I. Pozo (Coord.), *La solución de problemas* (pp. 13-52). Madrid, España: Aula XXI/Santillana.
- Perkins, D. (1992). *La escuela inteligente*. Barcelona, España: Gedisa.
- Perkins, D. (1993). Teaching for understanding. *American Educator: The Professional Journal of the American Feredation of Teachers*, 17, 28-35.

- Phyllis, W. & Whitin, D. (2000). *Indagar junto a la ventana: cómo estimular la curiosidad de los alumnos*. Barcelona, España: Gedisa.
- Piaget, J. (1964). Development and learning. En R. Ripple & V. Rockcastle (Eds.), *Piaget rediscovered* (pp. 7-19). Ithaca, New York, USA: Cornell University Press.
- Pintrich, P. R. & De Groot E. V. (1990). Motivational and selfregulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82, 33–40.
- Polino, C., Vaccarezza, L. & Fazio, M. E. (2003). *Indicadores de la percepción pública de la ciencia: Aplicación de la experiencia RICYT/OEI en la encuesta nacional de Argentina y comparación internacional*. Recuperado de: <http://www.ricyt.org/manuales>
- Popper, K. R. (1988). *The open universe: An argument for indeterminism*. London, England: Routledge.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Pozo, J. I., Pérez Echeverría, M. P., Sanz A. & Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud (2017). Programa Analítico de Microbiología Ambiental II, Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental, Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, Argentina. Recuperado de: http://faciasweb.uncoma.edu.ar/sites/default/files/Programa_Microb_Amb_II%202017.pdf

- Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., Cuellar, L., Izquierdo, M. & Chamizo, J. (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico ¿Qué piensan los docentes de Química en ejercicio?. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 28 (2), 185-198.
- Raghubir, K. P. (1979). The laboratory investigative approach to science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 16 (1), 13-18.
- Ramos, O. (2009). La V de Gowin en el laboratorio de Química: Una experiencia didáctica en educación secundaria. *Investigación y Posgrado*, 24 (3), 161-188.
- República Argentina. Honorable Congreso de la Nación Argentina (5 de diciembre, 2007). Ley 26.338 Modificación: Ley de Ministerios. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/ley-26338-135314>
- República Argentina. Ministerio de Educación (1 de junio, 2010). Resolución 742/10: Reglamento General del Programa Nacional de Becas Bicentenario para Carreras Científicas y Técnicas. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/resoluci%C3%B3n-742-2010-167878>
- República Argentina. Poder Ejecutivo Nacional (13 de febrero, 2009). Decreto 99/09: Programa Nacional de Becas Bicentenario para Carreras Científicas y Técnicas. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/decreto-99-2009-150508>
- República Argentina. Poder Ejecutivo Nacional (5 de septiembre, 2018). Decreto 801/18: Ley de Ministerios – Modificación. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/decreto-801-2018-314078>

- Rinaudo, M. C. (2015, abril). *Psicología Educativa en Argentina. Apuntes para rastrear huellas y trazar caminos*. Ponencia presentada en el Coloquio 30 años de investigación educativa en Argentina (1984-2014), Buenos Aires, Argentina.
- Rivarosa, A. & Moroni, C. (2008). Análisis de las representaciones de los estudiantes universitarios de Biología acerca de las prácticas en ciencias: una alternativa para la enseñanza. *Revista de Educación en Biología, 11 (1)*, 18-30.
- Robinson, T. J. (1969) Evaluating laboratory work in high school Biology. *The American Biology Teacher, 34*, 226-229.
- Rodríguez Palermo, M. L. (2008). *La Teoría del Aprendizaje Significativo en la perspectiva de la Psicología Cognitiva*. Barcelona, España: Octaedro.
- Rodríguez Palmero, M. L. & Moreira, M. A. (2002). Modelos mentales vs esquemas de célula. *Investigações em Ensino de Ciências, 7 (1)*, 77-103. Recuperado de: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a4
- Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture, and activity, 1 (4)*, 209-229.
- Roig, A. B., García-Carmona, A., Vázquez Alonso, A., Manassero Mas, M. A. & Montesano de Talavera, M. (2007). ¿Aportan algo los estudios universitarios de grado a la comprensión de la NsCyT?. En A. B. Roig, A. Vázquez Alonso, M. A. Manassero Mas & A. García-Carmona (Coords.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la Naturaleza de Ciencia y Tecnología, Documento de trabajo N° 5* (pp. 129-137). Madrid, España: Centro de Altos Estudios Universitarios.

- Ropé, F. & Tanguy, L. (1994). *Savoirs et compétences. De l'usage de ces notions dans l'école et l'entreprise*. Paris, France: l'Harmattan.
- Sagone, E. & De Caroli, M. E. (2014). Locus of control and academic self-efficacy in university students: the effects of self-concepts. *Procedia, Social and Behavioral Sciences, 114*, 222-228.
- Salomon, G. (2001). No hay distribución sin la cognición de los individuos. Un enfoque interactivo dinámico. En G. Salomon (Comp.), *Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas* (pp. 153-184). Buenos Aires, Argentina: Amorrortu.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Barcelona, España: Síntesis educación.
- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En P. Fernández (Coord.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo* (pp. 103-128). Madrid, España: Colección Aulas de Verano.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. & García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía, 281 (Junio)*, 54-58.
- Saunders, W. L. & Dickinson, H. D. (1979). A comparison of community college students' achievement and attitude change in lecture-only and lecture-laboratory approach to general education biological science courses. *Journal of Research in Science Teaching, 16 (5)*, 465-472.
- Schmidt, H. G. (1993). Foundations of problema-based laerning: Rationale and description. *Medical Education, 17 (1)*, 11-16.

- Schraw, G. (1997). The effect of generalized metacognition knowledge on test performance and confidence judgments. *The Journal of Studyal Education*, 65, 135-146.
- Schraw, G., Crippen, K. J. & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in Science Education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36 (1-2), 111-139.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2008, Marzo/Abril). *An instrument to assess view of scientific inquiry: the VOSI questionnaire*. Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, USA.
- Séré, M. G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project Labwork in Science Education. *Science Education*, 86 (5), 624-644.
- Serra, R. & Caballer, M. J. (1997). El profesor de ciencias también es profesor de lengua. *Alambique*, 12, 43-50.
- Sevilla, P. & Dutra, G. (2016). *La enseñanza y formación técnico profesional en América Latina y el Caribe: una perspectiva regional hacia 2030*. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile.
- Shepard, L. A. (2000). The role of Assessment in a learning culture. *Educational Research*, 29 (7), 4-14.
- Shulman, L. S. (1998). Theory, practice, and the education of professionals. *The Elementary School Journal*, 98 (5), 511-526.

- Skinner, B. F. (1975). ¿Son necesarias las teorías del aprendizaje? En B. F. Skinner (Ed.), *Registro acumulativo* (Trabajo original publicado en 1950). Barcelona, España: Fontella.
- Solbes, J. & Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), 337-348.
- Sperling, R. A., Howard, B. C. & Staley, R. (2004). Metacognition and self-regulated learning constructs. *Educational Research and Evaluation*, 10 (2), 117-139.
- Stefani, F. D. (2018). *Rol actual y futuro de la ciencia en la innovación industrial y el crecimiento económico en la Argentina*. Recuperado de: <http://www.nano.df.uba.ar/es/politica-cientifica/>
- StartSoft. Inc. (1984-2006). *STATISTICA Software Versión 7.1*. Tulsa, OK, USA.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores del lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 21-25.
- Struyven, K., Dochy, F., & Janssens, S. (2005). Students' perceptions about evaluation and assessment in higher education: A review. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 30 (4), 325-341.
- Tamir, P. & García, M. (1992). Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain). *International Journal of Science Education*, 4 (14), 381-392.
- Tamir, P. (1972). The practical mode: A distinct mode of performance. *Journal of Biological Education*, 6, 175-182.

- Thiede, K. W., Anderson, M. C. M. & Therriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95 (1), 66-73.
- Universidad Nacional del Comahue, Argentina (22 de marzo de 2010). Ordenanza del Consejo Superior N° 629/10: Rectificación del Plan de Estudios de la carrera Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental. Recuperado de: <http://faciasweb.uncoma.edu.ar/sites/default/files/academica/Resol%20LSAN%200629.pdf>
- Valverde, G. & Näslund-Hadley, E. (2010). *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://www.publications.iadb.org>
- Vasques Brandão, R., Solano Araujo, I., Eliane, A. & Lang da Silveira, F. 2011. Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la Física. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6 (1), 43-61.
- Vergnaud, G. (1983). Multiplicative structures. En R. Lesh & M. Landau (Eds.), *Acquisition of Mathematics concepts and processes* (pp. 127-174). New York, USA: Academic Press Inc.
- Vergnaud, G. (1996). Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55 (2/3), 112-118.
- Via, A. (2005). De los contenidos a las competencias: objetivos para el trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, VII Congreso*. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc.../edlc_a2005nEXTRAp289concom.pdf

- Vicenty, L. (22 de mayo de 2018). Prefectura detectó grave contaminación del río Limay. *Diario Rio Negro*. Recuperado de <https://www.rionegro.com.ar/prefectura-detecto-grave-contaminacion-del-rio-limay-EI5039071>
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1 (2), 205-221.
- Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. En M. Gauvian & M. Cole (Eds.), *Readings on the development of children* (pp. 29-36). New York, USA: Scientific American Books.
- Wei, B. & Li, X. (2017). Exploring science teachers' perceptions of experimentation: implications for restructuring school practical work. *International Journal of Science Education*, 39 (13), 1775 – 1794.
- Weinert, F. E. (1987). Metacognition and motivation as determinants of effective learning and understanding. En F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 1-6). Hillsdale, New York, USA: Lawrence Erlbaum.
- Wheatley, J. H. (1975). Evaluating cognitive learning in the college science laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 12 (2), 101-109.
- White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3-118.
- Windschitl, M. (2002). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?. *Science Education*, 87 (1), 112-143.

- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigation. *Science Education*, 92, 941–967.
- Zeichner, K. & Gore, J. (1990). Teacher socialization. En W. R. Houston (Ed.), *Handbook of Research on teacher education*, (pp. 329-348). New York, USA: Macmillan.
- Zimmerman, B. J. & Risemberg, R. (1997). Becoming a self-regulated writer: a social cognitive perspective. *Contemporary Educational Psychology*, 22, 73-101.
- Zimmerman, B. J. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. En B. J. Zimmerman & D. H. Shunck (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement* (pp. 1-37). New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zimmerman, B. J. (2011). Motivational sources and outcomes of self-regulated learning and performance. En B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 49–64). New York, USA: Routledge.