

Capítulo VII

Historia y actividad experimental en la formación del profesorado

Interpretación y discusión del agrupamiento 3 – segunda parte (Historia y Epistemología de las Ciencias)

Síntesis El presente capítulo desarrolla la discusión de resultados correspondientes al momento *Laboratorio e Historia, la actividad experimental en la clase de Ciencias*, en relación con el nodo de formación Historia y Epistemología de la Ciencia. Se aborda una breve fundamentación de las intenciones instruccionales del momento en estudio recuperando el valor de la perspectiva histórica en la reflexión metacientífica sobre la práctica experimental y las implicancias pedagógicas y didácticas de su transposición en situaciones de laboratorio escolar. En este marco, se discuten los resultados obtenidos para cada una de las instancias que conforman el momento de formación.

Ya hemos referido y fundamentado en el primer capítulo de este trabajo acerca del generalizado consenso sobre los objetivos que debería asumir hoy la educación científica. Al respecto, hemos reconocido un giro ideológico que ha trasladado el interés respecto de metas reducidas a la comprensión de conceptos del dominio disciplinar hacia la inclusión de *nuevos* objetivos y estrategias que refieren al quehacer del científico, la comprensión de las lógicas de argumentación y la recuperación de la dimensión histórico-cultural en la elaboración de las teorías (Aikenhead, 1996; Gil Pérez, Belendez, Martín y Martínez, 1991; Pozo, 2001).

En este marco, la *historia del progreso del conocimiento* se instala como un contenido meta científico de primera importancia al menos en tres sentidos principales:

a) conduce a superar visiones deformadas y empobrecidas de la actividad científica (Gil Pérez, 1994; Solbes y Vilches, En Banet y de Pro, 1997; Fernández et al., 2003a, 2003b);

b) permite relacionar el conocimiento a enseñar en su contexto histórico con los problemas que se intentan solucionar, las herramientas conceptuales y metodológicas disponibles y la cultura y los valores vigentes en cada momento (Quintanilla, et al., 2005); y

c) contribuye a formular las nuevas preguntas fundamentales: ¿cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?, ¿qué visión de ciencia y actividad científica construimos?, ¿cómo convertir el aprendizaje de las Ciencias en una actividad apasionante? ¿Cómo diseñar actividades de auténtico valor cognitivo y epistémico?, etc. (Rivarosa, 2009).

Ahora bien, resulta también indiscutible que las posibilidades genuinas de avanzar en este proceso de renovación pedagógica y curricular requiere de una articulación profunda con el desarrollo de nuevos modelos de formación del profesorado (Adúriz Bravo, et al., 2002). En este sentido, asumimos la preocupación por una formación que, recuperando los dilemas relevantes de la práctica, posibilite refundar las metas educativas desde su viabilidad en el seno de proyectos didácticos situados (Perales y Cañal, 2000; Perrenoud, 2007).

VII.1. Una estrategia de formación para la reflexión metacientífica

Teniendo en mente las convicciones expuestas hemos diseñado una estrategia de formación que integra la Historia de la Ciencia con el conocimiento de contenidos disciplinares específicos y un saber pedagógico y didáctico asociado a la *actividad experimental* en el ámbito escolar. Para ello, la estrategia incorpora el abordaje de ejemplos históricos paradigmáticos que consideramos significativos y potentes (Quintanilla, et al., 2005). La selección de materiales y actividades ha tenido, además, la intención de promover la discusión en torno a problemas científicos de vigencia epistemológica actualmente controvertidos y aproximar algunos núcleos relevantes de reflexión epistemológica.

Específicamente, se intentó favorecer: a) la fundamentación de los procesos de transposición didáctica en el componente histórico, b) la movilización de preconcepciones docentes respecto de la naturaleza de la ciencia y c) el anclaje del conocimiento meta científico en los saberes disciplinares y didácticos del profesor,

ofreciendo alternativas que puedan ser reconocidas en la estructuración de nuevos modelos curriculares (Quintanilla, et al., 2005, Adúriz Bravo, et al., 2002).

Igualmente, se intentó contribuir a la discusión de alternativas didácticas que reviertan el carácter comprobatorio o verificacionista del trabajo experimental y que dejen espacio al estudiante en la tarea de diseño y argumentación de experiencias. Se esperaba, además, promover el cuestionamiento de visiones de aprendizaje por descubrimiento – tradicionalmente asociadas a la inclusión de tareas de laboratorio escolar – y alternativas a modelos inductivistas sobre la naturaleza de la investigación científica. (García Martínez, Devia y Díaz, en Adúriz Bravo et al., 2002).

Recuperando estos fundamentos, la experiencia de formación constó de tres momentos:

1. *Lectura y análisis de ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia* desde un ángulo narrativo que caracteriza el proceso de investigación desde su dimensión temporal-evolutiva. La intención fue promover una lectura atenta que contribuyera a pensar la ciencia como un producto del intelecto y del trabajo humano a lo largo de la historia, pero también como un conocimiento abierto, en continua transformación.

2. *Diseño de la transposición didáctica en una actividad experimental* capaz de trascender el clásico sentido ilustrativo o demostrativo del trabajo de laboratorio. Dado que esta fue una instancia inicial y exploratoria se esperaba ver emerger algunos de los núcleos de resistencia que aún persisten en los modos de concebir a la actividad experimental y que se derivan de modelos tradicionales de transmisión – recepción.

Entre las principales preconcepciones acerca de la experimentación escolar, nos referimos a su papel demostrativo, ilustrativo y magistral, la carga de aprendizaje técnico, la concepción de la experimentación como mero complemento de la enseñanza verbal y el desconocimiento de la función de los instrumentos empleados, entre otros (García Martínez et al., en Adúriz Bravo, et al., 2002).

Además, los enfoques tradicionales otorgan un énfasis excesivo a la realización de cálculos y mediciones y la sucesión acrítica de pasos predeterminados (visión rígida, algorítmica y cerrada de la ciencia). En términos generales no se discute la relevancia del trabajo y la problemática en que se inserta y el estudiante no participa en el diseño y formulación de hipótesis. Finalmente, se relega la discusión acerca del valor o relevancia social del problema al que se intenta dar respuesta, excluyendo la dimensión tecnológica y el debate ciencia-tecnología (Carrascosa et al., 2006).

Del mismo modo, otras resistencias pueden emerger vinculadas al extendido modelo por descubrimiento, que enfatiza la posición empiro-inductivista de la ciencia (*extraer el concepto del fenómeno*) y deja libradas las actividades de experimentación al criterio e intereses de los estudiantes, quienes en general aún no cuentan con bases teóricas pertinentes para tal empresa (Carrascosa, et al., 2006; García Martínez et al., en Adúriz Bravo, et al., 2002)

3. *Vivencia y problematización de una actividad escolar de laboratorio* a partir de textos de pensadores y científicos de diferentes épocas que abordan un mismo problema –el origen de la vida en este caso – con las herramientas explicativas disponibles en cada momento (ver anexo III.6, correspondiente al cap. III).

Esta tercera instancia de la experiencia de formación tuvo por objetivo promover la convicción de que aprender (y por ende enseñar) de modo significativo contenidos de Ciencias Naturales requiere conocer la génesis y evolución de los conceptos, comprendiéndolos como parte de la historia y la cultura (Hernández y Prieto, 2000). Se intentaba, de este modo, abordar cómo el componente metacientífico puede fundamentar una estrategia de transposición didáctica y transformar en profundidad la forma en que los profesores estructuran los trabajos prácticos en la enseñanza de las Ciencias Naturales, ayudándolos a explicitar, comunicar y estructurar sus ideas acerca de la naturaleza de la ciencia (Quintanilla, et al., 2005; Adúriz Bravo, et al. 2002).

En síntesis, la experiencia diseñada pretende abordar algunos de los contenidos metacientíficos reconocidos como centrales para el aula de ciencias: *“la tentatividad del conocimiento científico, la pluralidad metodológica, la carga teórica de la observación, las relaciones entre ciencia y tecnología y la ciencia como una empresa histórica y socialmente situada, que evoluciona en el tiempo”* (Adúriz Bravo, et al. 2002:467).

VII.2. Instancia 1: Lectura y análisis de ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia

La primera instancia, implementada con los participantes del grupo 1 (docentes en ejercicio de Nivel Primario) consistió en la lectura de un texto acerca de la experiencia de Luis Pasteur¹, a partir de lo cual los docentes debían responder una serie de

¹ En Barcena, A. y M. Artis *Introducción al Método Científico en Biología*. Consejo Nacional para la enseñanza de la Biología

interrogantes: a) ¿Por qué Pasteur realiza una experimentación? b) ¿En qué consistió el diseño? c) ¿Qué ideas/hipótesis sostenía el investigador y qué quería comprobar/contrastar con un diseño experimental? d) ¿Cuáles eran las dificultades que rodeaban su actividad de experimentación? e) ¿Qué llega a comprobar? f) Comentario personal respecto a cuál es la importancia que posee la actividad experimental en las Ciencias Naturales

Las respuestas ofrecidas por los participantes (22 producciones escritas²) como resultado de la lectura crítica del texto ofrecido se categorizaron en función de los núcleos de reflexión epistemológica definidos en el sistema de análisis del presente agrupamiento (Rivarosa, 2009). A continuación se presentan y discuten los resultados para cada uno de ellos.

VII.2.1. Hacia una concepción heurístico interpretativa del método

Respecto del primer núcleo de reflexión epistemológica (el proceso de validación experimental), la reconstrucción interpretativa del relato ofrecido condujo a los docentes al reconocimiento de la observación de hechos que resisten explicaciones disponibles como punto de partida del proceso de investigación (texto22, texto14). Y ello asociado a una experiencia de insatisfacción del investigador con los esquemas explicativos disponibles (texto b1, texto10, texto12, texto13, texto17, texto19, texto20, texto22)

“Pasteur realizó una experimentación porque consideraciones previas lo llevaron a dudar de las teorías existentes y a plantear nuevos interrogantes” (texto 1).

“No era reconocida la existencia de seres organizados en las fermentaciones descubiertas, a pesar de que la levadura había sido reconocida como un organismo vivo” (texto17).

Asimismo, se identificó la necesidad de recurrir a instancias experimentales previas para determinar el alcance o relevancia del problema o los interrogantes de partida y, por ende, para fundamentar el trabajo de investigación (texto7, texto9, texto12, texto16, texto17).

“El investigador se encuentra ante un problema que le interesa estudiar. Esto presupone la elaboración de un plan de trabajo que permita la realización de una prueba o experimento que lleve a decidir acerca del valor que tiene el problema planteado y su posible solución” (texto7).

² En el CD de materiales anexos se incluye una producción completa a modo de ejemplo que contempla las respuestas de un participante a la primera y segunda instancia del presente momento de formación (ver carpeta “CAP VII-ANEXOS”)

Se reconoció, además, la estrecha relación de ajuste y coherencia entre interrogantes, formulación de hipótesis y diseño de procedimientos, haciendo énfasis en la necesidad de complementar la construcción de nuevas explicaciones contrastables con el desarrollo de nuevos métodos de indagación y experimentación (texto1, texto3, textib15, texto18, texto19, texto22). Frente a las clásicas concepciones de un método único o preestablecido, se introdujo la idea de opciones metodológicas que se construyen y resignifican en función de nuevas necesidades de conocimiento.

“El diseño de su experimento consistió en: a) el planteamiento de un problema, que nace de la insatisfacción o duda, b) planteamiento de cuestiones que surgen ante el problema que interesa estudiar, c) elaboración de un plan de trabajo guiado por el conocimiento profundo de todos los aspectos del fenómeno, los resultados obtenidos anteriormente, la intuición particular sobre la realidad física, las necesidades que la misma ciencia plantea y las facilidades instrumentales y técnicas con que se cuenta...” (texto 12).

“La primera dificultad que rodeaba su actividad de investigación era la de hallar un método experimental que le permitiera coleccionar partículas sólidas que flotan en el aire y estudiarlas en el microscopio” (texto 2).

Esta construcción progresiva del método supone, desde lo expresado por los docentes, una nueva construcción del objeto de estudio que también resulta *otro* en un esfuerzo de problematización e integración explicativa (texto2). Esta coherencia a la que referimos se asoció con un proceso de experimentación que adquiere sentido en su dimensión interpretativa y las posibilidades de generalización que el proceso va ofreciendo (texto3, texto6, texto7, texto12, texto16, texto, 18, texto20, texto21).

“El diseño permite pensar críticamente, afrontar problemas y situaciones nuevas sabiendo que el error es parte del proceso de aprendizaje, permitiendo volver al comienzo, intercambiando ideas y probables soluciones a nuevos interrogantes” (texto 5).

“Además, mediante la inducción y la deducción se pueden establecer conexiones posibles entre los conocimientos adquiridos y los saberes previos representando las relaciones que existen entre los diferentes procesos” (texto2).

Por otra parte, los docentes refirieron al proceso de experimentación como *instancia abierta* que da lugar a nuevos interrogantes y requiere pruebas, repeticiones y ajustes antes de ofrecer un resultado pasible de ser considerado. Un proceso que requiere, además, de la atención y anticipación de posibles objeciones que el método pueda sufrir y el conocimiento profundo de las variables involucradas (texto3, texto9, texto10,

texto11, texto12, texto13, texto14, texto15, texto16, texto18, texto19, texto20, texto21, texto22).

“Para poder comprobar sus hipótesis fue necesario que empleara un diseño experimental cuidando de eliminar, dentro de lo posible, todo aquello que luego pudiera servir como objeción para los partidarios de la generación espontánea” (texto 11).

“Pasteur tuvo que repetir varios experimentos de diferentes investigadores con algunas variantes para poder fundamentar mejor su trabajo” (texto 11).

“En las ciencias naturales cuando surge un problema, la actividad experimental permite producir explicaciones objetivas y racionales, lo que implica realizar muchas repeticiones para llegar a conclusiones definitivas. Pues siguiendo todos los pasos formales que deben respetarse al investigar van surgiendo nuevos problemas a resolver...” (texto 17).

En contraste con estas interpretaciones, algunos participantes expresaron una visión lineal, exitista y simplificada del proceso de validación experimental, con componentes de *inspiración* personal repentina, *descubrimiento* de nuevas ideas o *comprobación* y *refutación* directa de hipótesis (texto1, texto2, texto3, texto4, texto5, texto8, texto10, texto11, texto12, texto13, texto14, texto15, texto16, texto17, texto18, texto20, texto22).

“La importancia que a mi parecer posee la actividad experimental es que se puede comprobar un hecho científico objetivamente pudiendo ser verificado por cualquier sujeto en cualquier momento...” (texto2).

Una consideración especial merecen las apreciaciones que los participantes hicieron, ya con independencia del texto analizado, acerca de la importancia de la actividad experimental en las Ciencias Naturales. Curiosamente la mayoría de los docentes refirieron a su papel en la *enseñanza*. Al respecto, se reconoció a la actividad experimental como escenario propicio para el despliegue de procesos de cambio conceptual dada la riqueza de procedimientos cognitivos que puede requerir y que resultan potentes en la promoción de aprendizajes significativos (texto1, texob3, texto4, texto5, texto6, texto7, texto9, texto10, texto11, texto12, texto13, texto14, texto15, texto16, texto18, texto19, texto20, texto22).

Nos referimos por ejemplo a: ensayar hipótesis, formular interrogantes, reconocer el papel del error, planificar estratégicamente, predecir, etc. Se valoró además la experimentación escolar como estrategia para el aprendizaje activo que revaloriza la dimensión procedimental y promueve la participación y el interés, superando procesos reproductivos o memorísticos de aprendizaje. Se reconoció, además, como oportunidad para la creatividad y autonomía, las relaciones con situaciones de la vida cotidiana y la

recuperación de la historia de los conceptos. Finalmente se señaló a la actividad experimental como un medio para que los estudiantes se familiaricen con la actividad científica, sus valores y actitudes.

“(La actividad experimental) puede ser un medio que permita el desarrollo de experiencias creativas, autónomas, valiosas, significativas en torno a los contenidos de enseñanza, como así también los modos de enseñanza a los alumnos, reconocer problemas, establecer relaciones entre los conceptos... y relacionar lo que se aprende en la escuela con la vida cotidiana” (texto6).

“Este instrumento de alta significación en la investigación científica tiene alto valor formativo, propone resolver problemas con la participación protagónica del alumno, acrecienta la comprensión y el interés, estimula la curiosidad, la receptividad y la reflexión, promoviendo el interés por aprender” (texto7).

“Aprendí que ningún saber es absoluto o acabado. Sé que es muy importante salvar una duda, poder comprobar o no alguna hipótesis... aprender a investigar, a buscar respuestas, es lo fundamental y muy significativo a la hora de aprender, para lograr aprendizajes firmes y no lo frágil que escuchamos o leemos y lo recordamos por un lapso corto de tiempo... a través del desarrollo de competencias de aprendizaje prioritarias, de la adquisición de procedimientos para la resolución de problemas” (texto 12).

“Considero muy importante la actividad experimental en las ciencias naturales ya que me parece una muy buena oportunidad para ayudar a los alumnos a enfrentarse con sus propios conocimientos previos, a reestructurar sus pensamientos y sus creencias a veces tan arraigadas a concepciones erróneas que dificultan el aprendizaje...” (texto16).

Aquellas reflexiones que sí refirieron a la importancia de la actividad experimental en las Ciencias Naturales, dejaron vislumbrar la persistencia de concepciones inductivistas al respecto. Nos referimos a expresiones como “sacar conclusiones de la observación”, “acercarse a la verdad”, unidas a enunciados que resaltan el carácter *objetivo* de la experimentación y enfatizan la naturaleza cuantitativa de los procedimientos, el dominio técnico y sus condiciones de replicabilidad (texto1, texto2, texto5, texto6, texto8, texto13, texto17).

“La actitud experimental es fundamental en las ciencias naturales, porque es el modo de corroborar en la práctica las hipótesis que se plantean, así como también es posible refutarlas. En definitiva es un modo de acercarse a la verdad...” (texto 1).

VII.2.2. La naturaleza del progreso científico

Considerando como categoría de interpretación el núcleo *formas de justificación de ideas e hipótesis*, hemos advertido que –aún con matices- los docentes logran reconocer

en el relato el carácter progresivo y recursivo del progreso científico. En este sentido, señalaron el desarrollo de procesos sostenidos de comprobaciones previas que derivan en *estados de crisis* respecto de teorías existentes de larga data. En ese contexto, los nuevos interrogantes no encontrarían respuesta en el esquema explicativo vigente pero se verían fortalecidos por otros planteos relacionados que comienzan a emerger complementariamente (texto1, texto2, texto4, texto6, texto9, texto14, texto16, texto18, texto19, texto20, texto21, texto22).

Pasteur, con la ayuda de algunos experimentos sencillos de la fermentación, integra la información (antecedentes) de manera diferente, lo cual le servirá para plantear su hipótesis de trabajo (texto7)

En una instancia incipiente de los nuevos desarrollos, se pondrían en evidencia las falencias del modelo actual sin que aún sea posible ofrecer una explicación totalmente nueva y acabada. Así, los docentes logran reconocer cómo nuevas experiencias y constataciones aportan otras proyecciones e interrogantes que señalan vacíos de conocimiento priorizando un criterio de relatividad de las teorías en cada momento. Éstas se definen como *explicaciones provisionarias* que pueden entrar en contradicción con otras. Se reconoció además, que la confrontación no sólo se da entre sistemas de ideas, sino entre lenguajes diferentes: se cuestionan los modos de decir, la semántica de la ciencia (texto1, texto5, texto6, texto19, texto20, texto22).

“Por una parte Pasteur contaba con aparatos científicos rudimentarios en esta época... Por otra parte el objeto de estudio fue difícil de aislar... Al parecer la mayor dificultad era el modo de hablar sobre el objeto de estudio en base a una teoría aceptada por gran parte de la comunidad científica” (texto 1).

“Pasteur en el siglo XIX realiza la experimentación para rebatir la teoría de la generación espontánea, doctrina que venía siendo aceptada casi sin discusión, desde la época de Aristóteles. Pasteur se encuentra con una serie de hechos que no coinciden con las hipótesis admitidas hasta el momento. Esto lo lleva a la elaboración de un plan de trabajo” (texto6).

“Los químicos habían descubierto un grupo de fenómenos extraordinarios designados con el nombre genérico de fermentaciones, las cuales exigían la presencia de dos sustancias: una fermentable (el azúcar) y otra nitrogenada (siempre una sustancia albuminosa). La hipótesis de Pasteur postulaba que los fermentos no se generaban espontáneamente como se creía hasta el momento, sino que los verdaderos fermentos eran seres vivos organizados” (texto6).

Se señaló, finalmente, la envergadura de cambios de este tipo en tanto no sólo se promueve la refundación de los métodos y el objeto de estudio sino que terminan impactando fuertemente en el status del trabajo científico y en otros ámbitos de la cultura, áreas de conocimiento y disciplinas. La evolución de la teoría y el método

parecen ir de la mano en el marco de este esquema de interpretación (texto3, texto5, texto6, texto9, texto13, texto14, texto20).

“La influencia de Pasteur alcanza terrenos como son la microbiología, la inmunología, la biología molecular y la bioquímica, entre otros. Con sus experimentos enfocó de modo diferente muchas de las cuestiones biológicas” (texto2).

“La mitad del siglo XIX marca un cambio de dirección en la práctica de la biología. Afectó las condiciones intelectuales, religiosas, materiales y sociales de la época” (texto3).

“A partir de Pasteur, Darwin y Mendel y otros científicos la biología que se había reducido en gran parte a la observación se vuelve una ciencia experimental” (texto 5).

“Lo que interesará después, será experimentar en todos los niveles sobre los seres vivos para entender su estructura bioquímica y sus caracteres genéticos. Con la refutación de la doctrina de la generación espontánea y con la teoría de la evolución el problema del comienzo de la vida sobre la tierra quedó planteado” (texto 6).

VII.2.3. La complejidad socio-histórica de los problemas tras la investigación

Respecto del tercer núcleo de reflexión (los orígenes de los problemas y las motivaciones de la búsqueda), los docentes señalaron como parte de la reconstrucción histórica ofrecida, un proceso de insatisfacción vivenciado por el colectivo de investigadores y, a partir de ello, la preocupación permanente por formular nuevos problemas que resulten relevantes y trascendentes (texto12, texto13, texto16, texto17, texto21, texto22).

En el campo de las ciencias naturales, experimentales, el planteamiento de problemas nace con el sentimiento de insatisfacción o duda que experimenta el investigador quien después de llevar a cabo observaciones cuidadosas encuentra un hecho o una serie de hechos que parece no encajar con las teorías o hipótesis explicativas admitidas hasta aquel momento (texto 9)

Se reconoció también cómo los nuevos procesos de investigación experimental retoman e integran los antecedentes en una síntesis diferente, fundándose en ellos. Desde la interpretación de los docentes, no se procedería siempre por oposición sino también por complemento, reconociéndose el origen y sustento histórico de las prácticas de investigación en todos los campos (texto3, texto7, texto9, texto10, texto11, texto12, texto13, texto14, texto15, texto16, texto18, texto19, texto20, texto21, texto22).

El investigador – dice Taton (1967) – se guía no sólo por el conocimiento profundo de todos los aspectos del fenómeno a estudiar, sino también se guía por los resultados anteriormente obtenidos, por un instinto o intuición particular de la realidad física (actitud), por las necesidades que la misma ciencia plantea y

por las facilidades instrumentales y técnicas con que cuenta, todo lo cual le permitirá concebir un método preciso (texto9)

“Una dificultad fue poder integrar el problema a los conocimientos ya existentes de la manera más racional y satisfactoria posible (texto 12)

Se asumió, además, que la relevancia del problema a veces se declara o condiciona por relaciones de poder dado que las ideas son representadas por colectivos culturales de sujetos políticos y sociales. Asimismo, el sujeto investigador, en tanto sujeto cultural, se ve en la necesidad de suspender sus creencias o posiciones de sentido común, apelando a su racionalidad en la búsqueda de relaciones nuevas entre los hechos. Se encuentra, además, en situación de enfrentar el descreimiento de colegas sobre la relevancia del problema y la efectividad o idoneidad del método propuesto (texto2, texto3, texto4, texto5, texto6, texto8, texto12, texto13, texto15, texto16, texto17, texto19, texto20, texto21, texto22).

“Las dificultades a las que debía enfrentar eran de tipo sociales y a las teorías que los científicos de la época manejaban. Algunos consideraban a sus trabajos una pérdida de tiempo y evadían el problema. Otros no reconocían sus demostraciones como posibles” (texto 18).

“Como científico, tomar la actitud de un científico fue una dificultad. No era fácil entrar al laboratorio y dejar las creencias religiosas (lo abstracto) afuera sin sentir sentimiento de culpa por ello” (texto 12).

“Para ello necesitaba eliminar las objeciones que oponían los partidarios de la generación espontánea a la antigua hipótesis de la diseminación aérea de los gérmenes” (texto 2)

Finalmente, cabe señalar que -a pesar de estas movilizaciones- los docentes no logran focalizar en las preguntas o problemáticas que definen el fondo de la cuestión relatada en el texto, refiriendo directamente al planteo de las hipótesis de experimentación y recortando así la historia del problema y los debates que lo sustentan.

VII.2.4. Investigación experimental, comunicación y transferencia

Finalmente, no se han hallado indicadores significativos de la reflexión en torno a *los valores y principios éticos de la tarea investigativa*, como núcleo de problematización de los procesos de experimentación científica. En términos generales los docentes no reflexionaron respecto de las implicancias de aplicación o transferencia de los resultados de investigación ni acerca de las posibilidades que abre en el desarrollo científico y tecnológico, no sólo en el ámbito de la ciencia básica sino también en ciencia aplicada. Tampoco se refirió a procesos posteriores al hito que se desarrolla:

cómo las novedades introducidas se recuperan en estudios de este u otros grupos de investigación, cómo se articula la relevancia del problema con la relevancia de las nuevas soluciones o enfoques, etc.

Sólo se reconoció la responsabilidad en la comunicación, publicación o difusión de las conclusiones, y cómo intervienen instituciones y sectores de poder en los procesos de valoración de los resultados de la ciencia (texto10, texto12, texto21)

“El trabajo científico no está desligado de otras condiciones que escapan del terreno de la ciencia; la intención de Pasteur no fue política, pero su trabajo sirvió para esos fines ya que la doctrina de la generación espontánea se había asociado con los conceptos del materialismo de la época y aceptarla implicaba la aceptación del materialismo. Esto provocó que el gobierno francés lo viera como un peligro para la política y la religión...” (texto 6).

A continuación se ofrece una síntesis de la interpretación precedente definiendo aquellas ideas que representan las principales resistencias y movilizaciones del pensamiento en torno a la noción de actividad experimental (Tabla VII.1.).

Tabla VII.1. Ejes de movilización y resistencia para la instancia 1 del momento “Laboratorio e Historia...”

INSTANCIA 1: Lectura y análisis de ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia	
Ejes de movilización	Núcleos de resistencia
<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión de la naturaleza gradual del progreso científico. • Evolución articulada de teoría y método • Dimensión interpretativa de la actividad experimental • Visión abierta y creativa de la actividad experimental, sujeta a ajustes y revisiones • Reconocimiento del impacto de la ciencia en la cultura y otras áreas de conocimiento. El investigador como sujeto cultural • Transversalidad de los sistemas de poder en el desarrollo de la ciencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Visión lineal, elitista y simplificada del proceso de validación experimental • Sobrevaloración de componentes de inspiración personal repentina. • Concepción inductivista de la actividad experimental • Objetividad reducida al procesamiento cuantitativo y dominio técnico de procedimientos • Posición secundaria de la reflexión a torno a aplicaciones o transferencias de los desarrollos científicos y sus proyecciones • Énfasis en una perspectiva de descubrimiento

VII.3. Instancia 2. Diseño de la transposición didáctica en una actividad experimental

Los diseños de experimentación escolar (22 en total), elaborados por los docentes del grupo 1, fueron también analizados desde los núcleos de reflexión epistemológica ya descritos. Si bien estas categorías inicialmente refieren a núcleos de reflexión acerca de la naturaleza del conocimiento científico y su proceso de construcción, para el

análisis de la transposición a diseños de experimentación escolar fueron resignificadas en categorías didácticas. Éstas últimas se correspondieron con los aspectos definidos por Carrascosa (et al., 2006) como fundamentales de una orientación investigativa del aprendizaje de la ciencia y, en este, caso de las prácticas de laboratorio (tabla VII.2.).

Tabla VII.2. Categorías de análisis para la instancia 2 del momento “Laboratorio e Historia...”

Instancia 2: Núcleos de reflexión epistemológica sobre diseños experimentales escolares	
El proceso de validación experimental	Análisis cualitativo para la formulación de preguntas operativas Emisión de hipótesis y su operativización. Elaboración del diseño experimental y planificación de pasos con participación del estudiante. Análisis y discusión de los resultados a la luz de conocimientos disponibles, hipótesis y otros resultados
Las formas de justificación de ideas e hipótesis	Esfuerzos de integración conceptual: contribución del estudio a un cuerpo coherente de conocimientos
Los orígenes de los problemas y las motivaciones en la búsqueda	Planteo de situaciones problemáticas abiertas. Reflexión sobre la relevancia e interés de las situaciones planteadas Trabajo colectivo
Los valores y principios éticos de la tarea investigativa	Implicancias y perspectivas del estudio Memorias científicas, comunicación de resultados

VII.3.1. El valor cognoscitivo de la experimentación escolar

En relación con el núcleo de reflexión *El proceso de validación experimental*, interesa señalar al menos dos criterios que debería contemplar cualquier tipo de diseño experimental: a) la promoción de análisis cualitativos que ayuden a comprender y acotar las situaciones planteadas desde los conocimientos e informaciones previas y b) la discusión acerca del interés del problema. La intención, en palabras de Carrascosa et al. (2006) es superar los “operativismos ciegos” a partir de comprender significativamente *lo que se busca*.

Estas instancias no son comunes en los diseños analizados. Sin embargo, en algunos casos, vemos cómo se han anticipado intervenciones docentes que aportan información o introducen conceptos con esta intención:

Diseño Experimental N° 4 (DE4): “La cerveza, el vino, el yogurt y el pan son productos que se fabrican con la colaboración de microorganismos. Gracias a la acción de las levaduras sobre el jugo de la uva, ésta se transforma en vino. Si actúan sobre la cebada (previamente tratada) se obtiene cerveza y ¿qué ocurre cuándo actúan sobre la manzana? ¿se obtiene sidra!.... Todos los niños pasaron por el

microscopio y comentaron lo que observaron, algunos dibujaron, otros lo compararon con diferentes objetos... Estos microorganismos viven en lugares donde abundan los azúcares, en superficies de granos y frutas y necesitan para reproducirse temperatura cálida, humedad y alimento (azúcar)... ¡veamos cómo actúan las levaduras!...”

En otros casos, sólo se enuncia la instancia de análisis e identificación de variables pero estrictamente ligada a su procesamiento cuantitativo posterior:

DE5: “Se definen variables a medir para comprobar cuantitativamente los resultados obtenidos de los registros”

Finalmente, hay algunos diseños que antes de proceder al proceso de experimentación en sí mismo, y una vez planteado el problema, proponen algún tipo de pregunta orientada a indagar ideas espontáneas de los estudiantes y promover la identificación de posibles variables involucradas:

DE15: “¿Qué provocó la descomposición de la carne? ¿Las moscas?... ¿el calor?... ¿gérmenes del aire?...”

Una vez definidas y operativizadas las variables del problema en estudio, llega el momento de formular las hipótesis a fin de orientar el tratamiento de las situaciones y hacer explícitas las preconcepciones más específicas de los estudiantes. Esta formulación debería incluir un cuidadoso proceso de derivación de consecuencias contrastables prestando especial atención al control de variables.

Entre los diseños experimentales analizados se advirtió un conjunto importante de casos donde las hipótesis se plantean como definidas de antemano, en general con un carácter dicotómico relacionado con la consideración de explicaciones excluyentes o la variación de alguna condición de observación. En estos casos las hipótesis no se derivan como consecuencias de la problematización original, adoptando el carácter de supuestos teóricos ya legitimados a verificar en la práctica con recurso a conceptos cuyos significados se dan por comprendidos.

En aquellos casos en que sí se introducen consecuencias observables ellas no poseen carácter explicativo sino que se limitan a indicar algún tipo de descripción de un fenómeno y no siempre suponen la relación entre variables.

DE1: “Hipótesis 1: los gérmenes se producen espontáneamente en ciertas sustancias”. Hipótesis 2: Están en el aire y una vez depositadas en las sustancias se desarrollan”.

DE3: “El agua azucarada al entrar en contacto con el aire permanece intacta mientras está caliente. El agua al enfriarse da lugar a la formación de moho”

DE8: *“La leche en contacto con el aire se descompone, se corta. La leche en la heladera dura más sin descomponerse. La leche hervida no sufre alteraciones porque se mueren las bacterias que la descomponen”.*

DE9: *“El agua da lugar a la formación del moho”*

DE12: *“Las sustancias orgánicas de las infusiones recalentadas se contaminan con microorganismos que sólo pueden provenir del aire”.*

Un grupo reducido de diseños experimentales no incluyen instancias de formulación de hipótesis, mientras que en otros es significativa la participación de los estudiantes en este proceso, a partir de preguntas sugeridas por el docente o la recuperación de observaciones iniciales. La potencialidad de esta estrategia es la posibilidad de que los estudiantes expresen sus ideas respecto del fenómeno en estudio, aunque en términos generales las opciones ofrecidas tampoco trascienden el esquema descriptivo, reduciendo las oportunidades para ensayar formulaciones de carácter argumentativo.

Es interesante de todos modos, que algunos diseños proponen la elaboración de predicciones a partir de la consideración de algunas de las variables discutidas. Este tipo de intervenciones contribuyen a construir sentido en torno al trabajo que va a desarrollarse.

Reconociendo la importancia de que las hipótesis estén fundamentadas teóricamente (García Martínez, et al., en Adúriz Bravo, et al., 2002), sería necesario, como complemento de esta instancia, la cuidadosa reflexión y revisión de los conocimientos previos disponibles así como prever estrategias para el ajuste de las predicciones y procedimientos derivados que pueda desarrollar el docente.

DE11: *¿Por qué la leche no debe estar fuera de la heladera? Los estudiantes elaborarán las hipótesis (se pone fea, se pudre, etc.)*

DE14: *¿Cómo conservamos estos chupetines? ¿Por qué? ¿Qué le sucederá a los chupetines si a uno lo dejamos fuera de la heladera y al otro lo colocamos en la heladera? Permitir que los niños expresen y escriban sus hipótesis”.*

DE15: *“¿Qué provoca la descomposición? Los chicos dirán que las moscas, el calor, gérmenes del aire que lo pudren...”*

DE19: *¿qué pasa con la fruta dentro de la heladera si la dejamos un tiempo X? Si está fuera de la heladera ¿Qué pasará si dejamos pedacitos de carne al aire libre? ¿Si los colocamos en una bolsa de nylon?*

En términos generales se han identificado dos tipos de diseño experimental. Un tipo de diseño se configura como *respuesta progresiva y pertinente* en función del proceso reflexivo iniciado con el análisis de variables, la formulación de hipótesis, y la contextualización del problema.

En el caso que sigue, se intenta evidenciar cómo este tipo de diseño logra mantener un criterio de *recursividad y coherencia* entre el planteo de interrogantes, la formulación de preguntas y la planificación de instancias de observación que dan lugar a nuevas preguntas.

DE18: Planteamiento del problema: ¿de dónde creen que viene los gusanos? ¿los gusanos provienen de la carne o de algún otro elemento desde fuera? Registrar las respuestas. Aquí plantearemos a los niños experimentos para comprobar ambas hipótesis. Si decimos que los gusanos provienen desde fuera de la carne: ¿cómo diseñar un experimento donde nos aseguremos de que no pueda venir ningún elemento extraño de fuera de la carne que pueda dar origen a los gusanos?. Suponiendo la hipótesis que afirma que los gusanos provienen de la carne y no vemos gusanos dentro de la carne en el frasco tapado: ¿cómo saber si los gusanos no aparecieron porque tapamos el frasco, o simplemente porque en ese trozo de carne no iban a aparecer de todos modos? Luego de hacerlos reflexionar sobre esto y demostrarlo poniendo dos frascos uno tapado y otro sin tapar, preguntamos: ¿cómo saber si depende del tipo de carne que usamos? Formulado el interrogante, proponerles que busquen alternativas. Se registran las observaciones realizadas... ¿Qué dio origen a los gusanos? Es necesario el estudio previo del ciclo de la vida de los insectos... Suponiendo que fueron los insectos los que se acercaron al frasco y pusieron los huevos ¿cuáles son esos insectos? Podemos criar los gusanos y estudiar su ciclo de vida... (Continúa)

El segundo tipo de diseño consiste en una *sucesión arbitraria* de pasos a seguir, con control de algunas variables pero sin que se especifiquen las razones de estas decisiones. El diseño adquiere nuevamente un forma de *receta* con sentido empiro-inductivista, donde la observaciones de casos diferentes conduciría a la formulación de conclusiones o la definición conceptual de fenómenos.

Como se observa en los ejemplos que siguen, el diseño experimental introduce el control de variables que no han sido discutidas previamente, simplificando la estrategia a una sucesión de pasos cuya razón de ser y conceptos implicados se suponen comprendidos de antemano.

DE1: "Hipótesis 1: los gérmenes se producen espontáneamente en ciertas sustancias. Hipótesis 2: los gérmenes están en el aire y una vez depositados en las sustancias se desarrollan. Experimentación: a) observarán una gota de jugo en el microscopio, b) calentarán hasta el punto de hervor el jugo, c) extraerán una gota de la sustancia y nuevamente la observarán en el microscopio, d) dejarán expuesta al

aire libre hasta que se enfríe y volverán a observar. Proporcionar material y fuentes de consulta. Realizarán las conclusiones.

*DE6: “Grado de fermentación bacteriana en muestra de leche con interrupción de cadena de frío”.
Diseño: comprar un sachet de leche en un local que garantice las condiciones de conservación de alimentos perecederos. Comprar en una farmacia, dos envases esterilizados para análisis. Distribuir bajo condiciones extremas de higiene, 100 cc3 de leche en cada envase. Tapar inmediatamente. Rotular los envases. Colocar el envase B en la heladera, y dejar el envase A a temperatura ambiente por espacio de 6 hs., luego llevar a heladera. Al cabo de 4 días, llevar ambos envases al laboratorio. Colocar, con pipetas diferentes 1ml de cada muestra de leche en cada tubo. Completar sendos tubos con 90 ml. de agua estéril. Homogenizar. Tomar, con ayuda de una varilla de vidrio, una gota de la muestra A y otra de la muestra B y colocarlas en sendos portaobjetos. Cubrir con cubreobjetos y llevar al microscopio óptico. Enfocar a primer aumento (4x), luego llevar a máximo aumento (40X). Contar el número de bacterias en un campo, comparando ambas muestras. Interpretar los resultados y establecer conclusiones.*

Incluso, algunos diseños suponen una simplificación, no sólo del fenómeno en estudio, sino del proceso de experimentación trivializando el abordaje o confundiendo con el seguimiento de un instructivo para la obtención de productos.

DE20: “¿Por qué el yogurt es leche fermentada? Para comprobarlo prepararemos yogurt. Insumos y materiales: 2 litros de leche fresca, 1 vaso de yogurt natural de 140ml, un recipiente plástico con tapa, una olla, una cuchara, una cocina, algunos trapos o mantas pequeñas, un termómetro. Preparación: una vez conseguido todo, calentar en la olla los dos litros de leche fresca, esto hasta que la leche alcance la temperatura de 50°C. Luego, retirar del fuego la olla y vaciar el contenido en el recipiente plástico, a continuación añadir el yogurt. Agitar bien con la cuchara para que el yogurt se disperse parejo. Finalmente, colocar la tapa al recipiente y cubrirlo con los paños, envolver como si fuera una pelota con varias capas. Dejar reposar la cuajada por 24 horas. Guardar en la refrigeradora y luego consumir el yogurt. Se pudo comprobar que el yogurt se obtiene por la fermentación de la leche entera, proceso que...”

Finalmente, estas observaciones se relacionan con el tipo de discusión de resultados que proponen los diseños analizados. Como puede anticiparse, el privilegio de concepciones inductivistas del proceso de experimentación favorece los clásicos planteos de “sacar conclusiones”, dando cuenta de una mirada lineal respecto de la observación, registro y sistematización de resultados. Nuevamente se asume que los conceptos *se hallan* en la realidad observada y sólo se trata de *extraerlos*.

En este marco, en algunos casos, la reflexión sobre los resultados es orientada por preguntas cerradas con algún componente argumentativo pero cuya respuesta excede la experiencia. En otros diseños, las conclusiones son ofrecidas directamente por el texto

mismo, incorporando nueva información y conceptos de gran complejidad que no habían sido abordados previamente.

DE20: “(Después del proceso de producción de yogurt) Se pudo comprobar que el yogurt se obtiene por la fermentación de la leche entera, proceso que provoca una serie de bacterias como la Streptococcus thermophilus y la Lactibacillus bulgaricum, entre otras del mismo grupo, que cumplen la misma función fermentadora. Este proceso cataloga a este alimento en el grupo de “prebióticos”, es decir que contiene un cultivo de microorganismos vivos (bacterias), que al ser ingeridos en cantidades significativas causan beneficios en la salud. La presencia de estas bacterias junto con los componentes de la leche y la transformación de estos en el proceso de fermentación, hacen del yogurt un producto muy nutritivo”.

Frente a estas modalidades, cobran relevancia los espacios para la discusión más profunda de los resultados a la luz de los conocimientos disponibles, las hipótesis manejadas y los resultados obtenidos por pares. Incluso se propone esta instancia como punto de partida para la revisión crítica del diseño, las hipótesis o el problema formulado inicialmente, así como la contrastación con las ideas iniciales o el análisis de aquellos conflictos que puedan haberse promovido en la interpretación de los fenómenos. En un caso, por ejemplo, se propone la esquematización gráfica de lo observado y la construcción de argumentos respecto de algunas causas a partir de la recuperación analítica de lo estudiado inicialmente.

DE4: Comentar los resultados obtenidos, opinamos sobre las causas de esos cambios. ¿Podemos dibujarlo?

VII.3.2. La integración conceptual como meta del diseño experimental

Nos situamos ahora en relación con el núcleo *formas de justificación de ideas e hipótesis* para la interpretación de las proyecciones que los diseños proponen respecto de procesos de integración conceptual. Al respecto, es importante señalar que la adecuada consideración de esta categoría requeriría conocer cómo el docente concibe la articulación del diseño experimental que ha elaborado, con momentos didácticos previos y posteriores, ya que refiere a las progresivas integraciones conceptuales en las que la práctica de laboratorio se inserta y adquiere sentido.

De todos modos, aún considerando diseños aislados realizados por los docentes, hemos identificado algunos esbozos sutiles de reflexión o previsión en este sentido. Algunos de ellos se expresan en la propuesta de acompañar el desarrollo de las experiencias con lecturas complementarias, o explicitar, aunque sólo declarativamente la perspectiva de

abordar otras temáticas relacionadas. Lo que no queda claro es cuál es la estrategia que se prevé para promover procesos de integración conceptual genuina.

DE12: “Con esta experiencia podríamos desglosar contenidos conceptuales como: la salud humana, la preservación del ambiente, los procedimientos para purificarla, la divulgación en la población, así como ecosistema, la vida en el agua, la célula... es amplísima la trama de contenidos que se puede realizar.”

VII.3.3. Experimentación en torno a problemas abiertos y relevantes

El núcleo *el origen de los problemas y las motivaciones de la búsqueda*, conduce ahora a reconocer la relevancia del planteo de situaciones problemáticas abiertas en espacios de experimentación escolar. Esta posibilidad favorece el proceso de toma de decisiones significativas en la definición de problemas precisos y facilita la discusión acerca de la relevancia de su abordaje. Al respecto, interesa señalar que la mayoría de los diseños experimentales analizados proponen algún tipo de pregunta o problema como punto de partida para el desarrollo de la experimentación. Ello resignifica, aunque en diferentes medidas, cada una de las instancias del diseño trascendiendo los modelos clásicos de experimentación escolar que replican el carácter de un *instructivo* de pasos a seguir.

Se han identificado tres tipos de situaciones de partida: a) Titulares que definen el tipo de experimentación a realizar, el fenómeno a observar o el supuesto a verificar; b) problemas cerrados y c) problemas abiertos.

En el primer caso se trata de afirmaciones que introducen conceptos específicos, refieren a fenómenos o supuestos formulados de antemano. En sí mismos no ofrecen posibilidades para explicitar preconcepciones, formular hipótesis acerca de causas o explicaciones provisionales. Se reducen, de este modo, las oportunidades para formular preguntas de investigación más precisas u operativizar las dimensiones del problema. Finalmente, dos procesos centrales del trabajo experimental se ven restringidos: la formulación de predicciones inquietantes y la promoción del cuestionamiento de la cotidianeidad través de la desnaturalización de explicaciones de sentido común.

DE6: “Grado de fermentación bacteriana en muestra de leche con interrupción de la cadena de frío”

DE4: “No todas las bacterias y hongos son perjudiciales”, “La levadura necesita temperatura, humedad y alimento para reproducirse”

DE8: “La descomposición de la leche”

b) Problema cerrado: estas situaciones introducen algún tipo de cuestionamiento, pero la solicitud de respuestas cerradas limita los procesos de construcción de argumentos provisionales que refieran a la complejidad del fenómeno que se propone estudiar así como la explicitación de la comprensión del problema por parte de los estudiantes. Se reduce la posibilidad de discutir acerca de las variables involucradas y sus relaciones.

DE1: “¿Los gérmenes son producidos por las sustancias?”

DE14: “¿Hay gérmenes en el aire?”

DE22: “¿El suelo y ciertos factores físicos de ambientación, influyen en el crecimiento de las plantas?”

c) Problema abierto: Esta categoría de problema es representativa de la mayoría de los diseños experimentales analizados. Son preguntas que, en primer lugar, suelen referir a fenómenos de observación cotidiana. En algunos casos recurren explícitamente a la reconstrucción significativa de experiencias de los estudiantes o la contextualización en torno a problemas reales de actualidad y relevancia para el contexto próximo.

Su principal potencialidad reside en la solicitud de argumentos acerca de causas o razones que explican los fenómenos referidos. En muchos casos requieren la identificación de posibles variables involucradas y la formulación de predicciones en función de ellas. Hay, en definitiva, una apuesta por promover una actitud crítica de desnaturalización del objeto de estudio, promoviendo, desde el inicio la construcción de significados al respecto.

DE3: “¿Por qué el té se llena de moho?”

DE5: “¿Por qué algunas tierras son más aptas para el cultivo que otras? ¿Qué las hace fértiles? ¿Podemos transformar una tierra árida en tierra fértil?”

DE7: “¿Qué hace que el pan esté a veces verde?”

DE15: “¿Qué pasa si dejas fuera de la heladera un trozo de carne picada? ¿por qué crees que sucede?”

No es frecuente, respecto de estas problemáticas de partida la previsión de instancias de discusión o reflexión acerca de la relevancia de su estudio. Sin embargo, hallamos algunas excepciones donde, o bien la relevancia se explicita en la formulación misma de la pregunta de partida, o bien, se prevén instancias especiales. Nos referimos por ejemplo a diseños que proponen una búsqueda orientada de información pertinente, para contextualizar el problema y dotar de sentido a la experiencia.

DE4: “Nos informamos mediante un video y entre los distintos grupos rescatamos que: algunos hongos y bacterias son perjudiciales para los seres humanos mientras que otros son excelentes colaboradores.”

*Varios de ellos fabrican muchos de los alimentos que consumimos, hasta los antibióticos que tomamos cuando nos enfermamos. El hongo *pelicillium notatum* fabrica un antibiótico llamado penicilina, que se utiliza para detener ciertas infecciones...*”

DE5: “Durante siglos los residuos generados por el hombre eran devueltos a la naturaleza reciclándose e incorporándose a los correspondientes ciclos biológicos. En el siglo XIX se inicia una rápida expansión industrial que además de grandes transformaciones económicas y sociales trae consigo una importante repercusión ambiental. Aumenta la cantidad de basura generada por la población así como los residuos en las industrias que son vertidos al agua y a la atmósfera sin control alguno. Más tarde se desarrollan métodos para tratar y eliminar los residuos, a veces mediante complicados y costosos procesos como ocurre con los procesos combinados en las depuradoras físico-químicas y biológicas. Actualmente es muy frecuente el empleo de microorganismos (algunos obtenidos mediante ingeniería genética) en el tratamiento de las aguas residuales. También mediante ciertos tipos de levaduras, mohos y bacterias, las basuras que se producen en las ciudades o los desechos agrícolas se transforman en abonos orgánicos que luego son utilizados en el campo...”

De todos modos, este tipo de diseño aún no logra recuperar aspectos directamente vinculados con la dimensión humana y colectiva del proceso de experimentación; lo que podría favorecerse potenciando el trabajo grupal y la discusión e intercambio de posiciones. La consideración atenta de esta dimensión contribuiría a revalorizar el papel del error, la recursividad de los procesos y la definición de consensos colectivos como producto de la colaboración.

VII.3.4. Comunicación y perspectivas tras la experimentación

La cuarta categoría, referida al núcleo *los valores y principios éticos de la tarea investigativa*, también ve reducida su presencia en el presente análisis ya que no contamos con elementos de contextualización didáctica de cada diseño. En este caso se hace referencia a la consideración de posibles perspectivas vinculadas a problemas derivados, u otros niveles de estudio a considerar, así como las implicancias CTSA de la experimentación realizada en función de posibles aplicaciones o repercusiones.

DE11: “De allí pueden surgir los distintos tipo de bacterias y su incidencia en el organismo humano, ¿son todos los bichitos iguales? ¿Cómo se llaman? ¿Qué pasan si se meten en nuestro organismo? ¿Qué enfermedades nos provocan? ¿Cómo nos curamos?”

DE15: “Nuevos problemas: ¿podremos conservar la carne sin que se pudra? ¿Cómo? ¿La temperatura es importante?”

Finalmente, esta categoría señala la importancia de ceder un espacio especial a la elaboración de memorias científicas que reflejen el trabajo realizado a fin de resaltar el

papel de la comunicación y el debate en la actividad científica. No se han identificado referencias explícitas a esta dimensión como instancia del diseño experimental.

Nuevamente, la creación de una situación de laboratorio escolar, tras la reflexión propuesta en la primera instancia, permite advertir la movilización de sentidos complejos e integrados respecto de la actividad experimental en clases de Ciencias. De todos modos, estas nuevas construcciones no consiguen desplazar completamente algunos sistemas de prácticas que vehiculizan visiones tradicionales acerca de la experimentación escolar. Este contraste se sintetiza a continuación (tabla VII.3) en términos de ejes de movilización y núcleos de resistencia del pensamiento docente.

Tabla VII.3. Ejes de resistencia y movilización para la instancia 2 del momento “Laboratorio e Historia...”

INSTANCIA 2: Diseño de la transposición didáctica en una actividad experimental	
Ejes de movilización	Núcleos de resistencia
Instancias de indagación de preconcepciones de los estudiantes acerca del fenómeno en cuestión.	Hipótesis: supuestos descriptivos dados de antemano para su verificación
Diseño experimental: proceso de formulación de hipótesis a partir de estudios y observaciones iniciales	Diseño: sucesión arbitraria de pasos predeterminados
Diseño como proceso recursivo y estratégico con participación activa del estudiante	Sentido empiro - inductivista (extraer conclusiones)
Instancias de discusión argumentada de resultados	Diseño como actividad aislada y descontextualizada
Integración de lo abordado y proyección de nuevos abordajes	Planteo de problemas cerrados de naturaleza dicotómica
Planteo de problemas abiertos. Contextualización, predicción y explicación provisoria.	Visión individual y lineal de la experimentación
	Experimentación como proceso cerrado y acabado

Como puede advertirse aquellos principios que hemos identificado como núcleos de resistencia a la hora de concebir un diseño de experimentación escolar se vinculan, en algunos casos, con la idea de un experimento de *descubrimiento guiado*, en tanto lo que se prioriza es dar con la respuesta correcta en un marco de tipo inductivo y empirista. En otros casos, estas ideas parecen acercarse más al concepto de *demonstraciones*, donde la finalidad es ilustrar la teoría y en general son desarrollados, propuestos y diseñados por el docente, sin participación del estudiante.

Por su parte, aquellos ejes de movilización del pensamiento y la práctica docente se aproximan más a los principios que definen a la experimentación desde modelos de *investigación escolar*, donde los estudiantes –con la guía del docente- se abocan a

resolver problemas, construyendo progresivamente un conocimiento pertinente y debidamente fundamentado (García Martínez, et al., en Adúriz Bravo, et al., 2002).

VII.4. Instancia 3. Vivencia y problematización de una actividad escolar de laboratorio

La tercera instancia de la estrategia de formación diseñada para el momento que nos encontramos analizando se realizó en dos modalidades diferentes. En el caso de los estudiantes de profesorado (grupo2), se procedió al registro de intercambios y producciones orales durante la realización efectiva de una actividad experimental de acuerdo a las pautas establecidas en el protocolo de experimentación ofrecido. Por su parte, con los docentes del grupo 3, el registro se realizó en el marco de una *simulación* de la experiencia, donde los participantes procedieron a la anticipación de resultados y la argumentación de decisiones hipotéticas para las diferentes fases del proceso de experimentación.

En ambos casos, el protocolo de trabajo reproduce el experimento a través del cual Francisco Redi inauguró, en 1668, los intentos de refutación de la hipótesis de la generación espontánea (explicación extendida en la época acerca del origen de la vida). Con la intención de acercar a los participantes la vivencia de una situación *clásica* de experimentación escolar el protocolo *omitió* deliberadamente esta información y cualquier otro componente de contextualización (objetivos, problema, hipótesis de partida, etc.).

VII.4.1. El laboratorio escolar según estudiantes de profesorado

El registro de las producciones de los estudiantes para esta instancia se llevó a cabo en dos momentos: a) durante la preparación del material a observar, y b) después de realizados los registros de observación en los tiempos establecidos. Es importante aclarar que en ambos momentos los estudiantes se organizaron en equipos de trabajo.

En el primer caso, se recuperaron los registros de observación y la formulación de interrogantes acerca del sentido de la experimentación propuesta. Para ello, se presentó la siguiente consigna de trabajo:

Materiales a utilizar

3 frascos de vidrio, gasa muy fina (o tela metálica fiambreira), 1 papel grueso o tapa metálica, carne vacuna o de pescado fresco, arena o aserrín húmedo para colocar en el fondo de cada frasco.

Procedimiento

1. Coloque un trozo de carne en cada frasco.
2. Cubra uno de ellos con papel grueso o tapa metálica (Frasco 1)
3. Cubra otro frasco con la gasa fina y fíjela fuertemente (Frasco 2)
4. Deje destapado el tercer frasco (Frasco 3)
5. Sitúe los tres frascos en un ambiente ventilado y expuesto a la visita de insectos.
6. Realice observaciones periódicas completando una planilla similar a la siguiente (Ayúdese con una lupa)
7. Realice observaciones periódicas completando una planilla similar a la siguiente (ayúdese con una lupa)

<u>Frasco</u>	<u>1º semana</u>	<u>2º semana</u>	<u>3º semana</u>
Frasco 1			
Frasco 2			
Frasco 3			

Cada equipo deberá formular dos o tres preguntas que se relacionen con el por qué y para qué de este experimento.

En el segundo momento se indagaron y registraron las reflexiones y apreciaciones de los estudiantes una vez realizadas las observaciones sugeridas. Asimismo se transcribieron las consideraciones sobre lo realizado a partir de una serie de disparadores de reflexión que incluyen la lectura de los relatos históricos ya referidos en la presentación de la estrategia de formación. La consigna de trabajo es la siguiente:

1. ¿Qué pensaban al inicio que sucedería como resultado de la experiencia?
2. De acuerdo a esta representación inicial ¿Qué pensaban que se buscaba con el diseño experimental?
3. Después del registro de observaciones ¿qué pudieron constatar? ¿qué piensan ahora que se busca con este diseño experimental?
4. ¿Qué nuevas ideas o perspectivas les aporta la lectura de los relatos históricos? ¿Cuál es la hipótesis que sostiene el diseño experimental?
5. Si tuvieras que enseñar sobre este contenido ¿qué cuestiones, momentos, ideas deberían estar presentes para que el diseño experimental tenga un sentido más profundo?

A continuación se presenta el registro textual elaborado por cada uno de los equipos de estudiantes durante el tiempo destinado a la recolección de información a partir de la observación periódica de las muestras (tablas VII.4 a VII.7)

Tabla VII.4 Registro de observación correspondiente al equipo A.

Frasco	1º semana	2º semana	3º semana
Frasco 1		babosa	Puntitos blancos
Frasco 2		babosa	hongos
Frasco 3		babosa	seca

Tabla VII.5. Registro de observación correspondiente al Equipo B

Frasco	1º semana	2º semana	3º semana
Frasco 1	Presencia de una babasa -mucosa	Puntitos blancos	Puntitos blancos
Frasco 2	Presencia de una babasa -mucosa	Hongos - moho	hongos
Frasco 3	Presencia de una babasa -mucosa	Mucosa - gelatinosa	seca

Tabla VII.6. Registro de observación correspondiente al Equipo C

Frasco	1º semana	2º semana	3º semana
Frasco 1	Normal – buen color	Oscuros	Seco - oscuro con mal olor (amohosado)
Frasco 2	Normal – buen color	Oscuros	Seco – oscuro (amohosado)
Frasco 3	Normal – buen color	Oscuros	Seco - oscuro

Tabla VII.7. Registro de observación correspondiente al Equipo D

Frasco	1º semana	2º semana	3º semana
Frasco 1	Humedad y descomposición de la carne		
Frasco 2	Descomposición de la carne		
Frasco 3	Descomposición de la carne		

Respecto de los registros citados, interesa analizar qué aspectos se privilegiaron como regularidades del proceso de observación. En este sentido, se advirtió que en los cuatro grupos el registro se focalizó en la definición de los cambios en la materia que resultaran directamente accesibles a través de los sentidos de la percepción (color, olor, humedad).

Se describieron estados, más que procesos, omitiéndose la inferencia de relaciones entre las variables implicadas en la experimentación. Es una excepción a lo anterior el último de los casos (Equipo D) que introdujo la referencia a procesos o fenómenos de *descomposición*.

De todos modos, en los cuatro grupos, las observaciones se focalizaron en las transformaciones que sufre la materia, evidenciando que las hipótesis o supuestos de partida, como orientadores del registro de datos, *no lograron recuperar el núcleo de sentido original de la experiencia*: origen de la vida/ medio de vida. Se sostuvo, más

bien, una perspectiva *de sentido común* que refiere nuevamente a un contenido clásico de las situaciones habituales de laboratorio escolar (descomposición/conservación de alimentos).

Por otra parte, en ninguno de los casos se advirtió el establecimiento de relaciones comparativas entre los momentos de registro referidos, en términos de análisis de diferencias, semejanzas o variaciones entre lo observado en cada uno de ellos. Se elaboraron más bien enunciados observacionales singulares. Este modo de proceder, podría estar revelando, una vez más, una modalidad *paso a paso*, condicionada por el modelo de protocolo ofrecido, que dificulta la reconstrucción del sentido global de la experiencia. Lo observado no logró constituirse en objeto significativo de observación; está ausente la pregunta que lo sitúe como objeto de conocimiento significado desde una hipótesis o interrogante de indagación.

Una vez completada esta instancia de observación se procedió a la discusión grupal acerca del por qué y para qué del experimento llevado a cabo. A continuación se presenta la transcripción de las preguntas formuladas por cada uno de los grupos de estudiantes en relación con el sentido de la actividad experimental propuesta (Tabla VII.8).

Tabla VII.8. Preguntas formuladas por los grupos antes del proceso de observación de muestras

Grupo 2.a.	Grupo 2.b.	Grupo 2.c.	Grupo 2.d.
“¿Por qué la combinación de carne con arena?” “¿Qué influencia tiene la tapa en el resultado?” “¿Qué pasará con la carne?”	“¿Qué relación tiene el experimento con la materia?” “¿Qué cambios se van a producir en la carne en los diferentes frascos?” “¿Por qué la combinación de arena con la carne?”	“¿Para qué colocamos arena en el fondo del frasco?” “¿Qué pasará con el estado de la carne al transcurrir el tiempo?” “¿Qué efecto produce tapar con diferentes elementos el frasco?” “¿Por qué debe estar expuesto a la presencia de insectos?”	“¿Qué se espera que suceda con la carne en las tres condiciones ambientales?” “¿Cuál es el fenómeno que ocurre?” “¿Qué se comprueba con este experimento?”

Las preguntas formuladas por los estudiantes como reflexión acerca del protocolo mismo de experimentación permiten inferir, al menos, tres cuestiones: en primer lugar, las preguntas no hacen sino reforzar la orientación inicial del proceso de observación centrado en la identificación de los cambios en las muestras preparadas. Desde el inicio, el significado atribuido a la experiencia portaba la idea de que lo que se observaría es algún fenómeno estrechamente vinculado con los cambios en la materia.

“¿Qué pasará con la carne?”; “¿Qué relación tiene el experimento con la materia?”; “¿Qué cambios se van a producir en la carne en los diferentes frascos?”; “¿Qué pasará con el estado de la carne al transcurrir el tiempo?” “¿Qué se espera que suceda con la carne en las tres condiciones ambientales?”

En segundo lugar, las preguntas revelaron las dificultades para comprender la razón de ser de las condiciones o variables de observación propuestas que, justamente, tienen especial relación con el sentido u objetivo original de la experiencia. El esquema de pensamiento que condujo el proceso de observación no fue suficiente para atribuir significado a dichas condiciones que se presentaban como arbitrarias en el marco de la experimentación.

En este sentido, no se encontraban disponibles, como herramienta cognitiva, aquellas constataciones o conocimientos previos que sustentan el diseño experimental y que dan contenido y forma a las hipótesis de partida. Así, la imposibilidad de participar en el diseño de la experiencia, su contextualización y la definición del *problema* que lo motiva conduce a la vivencia de una sucesión a-crítica de pasos.

“¿Qué influencia tiene la tapa en el resultado?”; “¿Qué efecto produce tapar con diferentes elementos el frasco?”; “¿Por qué debe estar expuesto a la presencia de insectos?”; “¿Qué se espera que suceda con la carne en las tres condiciones ambientales?”

Finalmente, las preguntas parecen revelar la atribución de una lógica esencialmente verificacionista a la experimentación, a su vez demostrativa - ilustrativa y centrada en la constatación de consecuencias, efectos o resultados. Éstos se derivarían de la manipulación de determinadas variables, pero que no parecen definirse como predicciones. Desde la vivencia, la amplitud de la pregunta inicial, que puede resumirse en un *qué sucederá*, terminó por resumir una mirada *inductivista* sobre la tarea privilegiando un proceso de observación, que desde lo declarativo, es un punto de partida a-teórico: la observación *pura* de los hechos.

En este punto, interesa señalar cómo el tipo de diseño experimental ofrecido, en términos de decisión didáctica, fue promoviendo un determinado tipo de abordaje cognoscitivo que podría contribuir a consolidar determinada visión o concepción acerca de la actividad experimental.

Ahora bien, una vez que los estudiantes culminaron con las tareas de observación y registro según el tiempo establecido, en el contexto de una clase presencial respondieron una serie de preguntas de reflexión acerca de la experiencia desarrollada, cuyas respuestas se transcriben a continuación (Tabla VII.9)

Tabla VII.9. Respuestas de los estudiantes tras las tareas de observación y registro-ítem 1

Ítem 1. ¿Qué pensaban al inicio que sucedería como resultado de la experiencia? De acuerdo a esta representación inicial ¿qué pensaban que se buscaba con el diseño experimental?	
Grupo 2.a.	“Pensábamos que la presencia de alguna barrera como la gasa o el papel iba a frenar la descomposición. Esperábamos que se pudriera”.
Grupo 2.b.	“Al inicio de la experiencia pensábamos que la carne se iba a descomponer e íbamos a encontrar hongos y gusanos, además de un olor fuerte. Se buscaba observar los distintos cambios que se producían en la carne, en distintas situaciones.”
Grupo 2.c.	“Se esperaba encontrar presencia de organismos descomponedores en los tres frascos, pero dispuestos en un gradiente. Es decir, el frasco 1, menor número de estos descomponedores ya que se encontraba cerrado. Luego el frasco 2, que al estar cerrado con una tela, esperábamos encontrar una cantidad media y por el último el frasco 3 con el mayor número de descomponedores.”
Grupo 2.d.	<p>“En un principio pensamos: ¿qué cambios ocurrirían en cada frasco?”</p> <p>“En el frasco que no estaba cubierto pensamos que encontraríamos gusanos o algún organismo descomponedor, o la presencia de algún insecto.”</p> <p>“En los frascos sellados esperábamos encontrar menor cantidad de microorganismos ya que la entrada hacia la carne se encontraba impedida.”</p> <p>“Además suponíamos que el nivel de descomposición de la carne sería diferente porque no en todos los frascos hay presencia de oxígeno.”</p> <p>“¿Qué pensaba que se buscaba con el diseño experimental? De acuerdo con el diseño experimental se buscaba ver qué pasaba con la carne bajo distintas condiciones a lo largo de 15 días. Podemos decir: en ausencia de oxígeno (frasco 1) se conserva parte de la humedad porque parte fue absorbida por la arena. La arena cumplió el papel de absorción del agua presente en la carne, lo que demoró el proceso de putrefacción.”</p>

En la reconstrucción de las predicciones iniciales, los estudiantes recordaron haber pensado en la constatación de la presencia de organismos, concebidos como evidencias o agentes causales del proceso de descomposición de la materia. Asimismo, el conjunto de las variables involucradas se describieron como estrechamente asociadas a variaciones en la manifestación del mismo proceso.

Una vez más, se enfatizó la observación de cambios o estados diferenciados dadas las condiciones ambientales, privilegiando la opción inductivista de observación pura en la definición de resultados. Se trataba de comprobar el proceso de descomposición de la materia en diversas condiciones, desplazando, una vez más, el foco de atención y significación original de la experiencia.

Tabla VII.10. Respuestas de los estudiantes tras las tareas de observación y registro-ítem 2

Ítem 2. Después del registro de observaciones ¿qué pudieron constatar? ¿Qué piensan ahora que se busca con este diseño experimental?	
Grupo 2.a.	<p>“Pudimos constatar que, por los cambios de temperatura, ambiente, etc. se favoreció la descomposición de la carne.”</p> <p>“Lo que se busca con este experimento es que el mismo material a diferentes ambientes y condiciones, dé lugar a la existencia de diferentes organismos. También se busca desmentir la generación espontánea, ya que por más que esté cerrado herméticamente, la carne va a</p>

	tener organismos propios que se van a reproducir.”
<i>Grupo 2.b.</i>	“Pudimos constatar la presencia de hongos, moho, la carne se encuentra en descomposición y presencia de un olor fuerte. Con este diseño experimental se busca que nosotros mismos formemos hipótesis y luego corroborarlas con las observaciones.”
<i>Grupo 2.c.</i>	“Se encontró en los tres frascos un grado de descomposición importante. Podemos llegar a suponer que si bien en el frasco sellado con papel y cinta, debería haberse encontrado menor grado de descomposición, esto no fue así debido a que no se trabajó con condiciones adecuadas de esterilidad.” “No se registraron marcadas diferencias, pero en los frascos con gasa y destapado la carne se encontraba seca, mientras que en el frasco con papel y cinta, más húmeda.”
<i>Grupo 2.d.</i>	“Después del registro de observaciones pudimos constatar que nuestra hipótesis fue verdadera, es decir, se observó que mediante el diseño experimental planteado la carne sufría descomposición con el paso de los días y con la presencia y ausencia de oxígeno.”

El segundo ítem de indagación refería a la evocación de lo que los estudiantes lograron constatar con la experiencia realizada y la reflexión acerca de los posibles cambios de perspectiva sobre la misma, una vez realizadas las observaciones (tabla VII.10.). En todos los casos, la respuesta a este ítem de indagación revela la verificación anunciada inicialmente en relación con el proceso de descomposición de la materia. Es el Equipo A el que logró introducir algunos elementos nuevos en la reflexión referidos a la relación entre la experiencia y el concepto de origen de la vida. De todos modos, se sostuvo una causalidad según la cual es la materia quien da lugar, da origen o es matriz de los organismos que allí se observan. Paradójicamente, esta construcción puede interpretarse como la transcripción de la versión más extendida de la misma idea de generación espontánea que se procuraría refutar.

Los miembros de los Equipos B y C confirman además la hipótesis de la descomposición -ya propuesta en instancias de predicción de resultados- de la que son evidencia los organismos y manifestaciones identificadas (olor, sequedad, por ejemplo). Estas evidencias fueron enumeradas como datos independientes entre sí que se limitan a completar el cuadro de descripción de lo observado.

Finalmente, si bien todos los equipos señalaron como variable importante que los frascos se encontraran o no sellados, es el Equipo D quien le otorgó una participación más específica introduciendo la referencia a la presencia o ausencia de oxígeno como acelerador del proceso de descomposición de la materia. En este punto es claro el desplazamiento que desarrollaron los estudiantes, construyendo una lógica de argumentación alejada del sentido original de la experimentación y que, además,

reproduce la misma objeción esgrimida a Francesco Redi, autor de este experimento en el año 1668.

Tabla VII.11. Respuestas de los estudiantes tras las tareas de observación y registro-ítem 3

Ítem 3. ¿Qué nuevas ideas o perspectivas les aporta la lectura de los relatos históricos? ¿Cuál la hipótesis que sostiene el diseño experimental?	
Grupo 2.a.	“La resistencia a reconocer que la generación espontánea no existe. Hipótesis: todo ser vivo proviene de un progenitor.”
Grupo 2.b.	“La lectura de los relatos históricos nos aporta la creencia de que la vida proviene de algo espontáneo. Los relatos terminan demostrando que esto es falso como lo demuestra Redi en su experimento. A pesar de esta demostración en la vida actual esta manera de pensar está muy arraigada en la sociedad. La hipótesis que sostiene el diseño experimental es que la generación espontánea no existe.”
Grupo 2.c.	“Nos da idea acerca del origen de los seres vivos de acuerdo al contexto histórico. Hipótesis: en el frasco tapado no se encontrarán gusanos.”
Grupo 2.d.	“La lectura de los relatos históricos nos proporcionó la historia que se encuentra detrás de este experimento realizado y la hipótesis que sostiene el diseño experimental es que la vida no surge espontáneamente sino que la vida viene de otra vida.”

El tercer ítem de indagación inició la etapa final de la estrategia, que prosigue a la lectura de los relatos históricos³ y tiene como objetivo promover la reflexión acerca del aporte que este material ofrece.

De las respuestas de los estudiantes pueden inferirse al menos tres cuestiones (tabla VII.11.). En primer lugar, los participantes identificaron la referencia a una interpretación o creencia que resulta resistente al cambio en determinado momento histórico y que refiere a un núcleo de sentido de relevancia epistemológica en el pensamiento de la humanidad. Este reconocimiento introdujo la posibilidad de identificar notas de un sistema explicativo que moviliza y gesta el diseño experimental, lo que parecía estar ausente en instancias previas de reflexión sobre la experiencia.

En segundo lugar, se incorporó un planteo incipiente de la noción de *refutación* que se incorpora como novedad frente a la lógica de verificación sostenida en las consideraciones previas. Una nueva complejidad contribuyó a invertir, de algún modo, la lógica atribuida inicialmente a la experiencia.

³ Los textos que se mencionan en la consigna 3 consisten en relatos de pensadores y científicos de diferentes épocas, abordando el problema del origen de la vida, con las herramientas explicativas disponibles en cada momento histórico: “Popol Vuh”; “El pensamiento japonés”; “El pensamiento griego”; “La vertiente vitalista”; “La embriología del polluelo”; “Receta para hacer ratones”; “Paracelso”; “Francisco Redi (1626-1697). Los primeros disparos certeros sobre la teoría de la generación espontánea” (ver textos completos en anexo III.6)

En tercer término, las expresiones de los estudiantes reconocieron al diseño experimental como una construcción contextualizada, referenciada en una coyuntura histórica que ofrece condiciones de posibilidad determinadas. Éste era también un componente de significación ausente hasta el momento en la reflexión de los participantes.

Finalmente, y como un aporte principal, los estudiantes identificaron la hipótesis central que da sentido a la experiencia. Aunque las expresiones son breves o incompletas, es evidente que el relato histórico, interpretado como trasfondo de la experiencia se convirtió en una herramienta capaz de restituir su significado y valor.

Tabla VII.12. Respuestas de los estudiantes tras las tareas de observación y registro-ítem 4

Ítem 4. Si tuvieras que enseñar sobre este contenido ¿qué cuestiones, momentos, ideas deberían estar presentes para que el diseño experimental tenga un sentido más profundo?	
<i>Grupo 2.a.</i>	“Presentar objetivos que apunten a un posible resultado; que se dé un pantallazo del contexto, de por qué se hace la experiencia para poder comprenderla; que los contenidos se expresen y enseñen con la mayor exactitud y realismo posible”
<i>Grupo 2.b.</i>	“Haría una referencia histórica sobre el origen de la vida, la generación espontánea, de modo tal que el trabajo tenga un sentido más profundo”
<i>Grupo 2.c.</i>	“Cambios en la concepción a través del tiempo en lo referente al origen de la vida”.
<i>Grupo 2.d.</i>	“Si tuviéramos que enseñar sobre este contenido, las ideas que deberían estar presentes son: realizar una introducción, contar la historia, la hipótesis, cuáles son los objetivos, qué conocimientos se desean transmitir”.

La última pregunta del cuestionario presentado a los estudiantes solicitaba la proyección de opciones didácticas para la enseñanza de los contenidos ligados al diseño experimental que acababan de analizar. La intención era que los participantes valoraran prospectivamente, ahora en la posición de enseñantes, el camino de reflexión transitado desde el inicio de la experiencia de formación.

Interesaba en este punto preguntarse acerca de cuáles son las *novedades* que la discusión promovió entre los participantes y las posibilidades que dichas novedades abren para la discusión didáctica. En primer lugar, los estudiantes se expresaron a favor de proponer experiencias de laboratorio que incluyan espacios para pensar y discutir acerca de resultados probables. Esta idea introdujo la consideración del valor del pensamiento proyectivo y reversible en el aprendizaje, introduciendo la formulación de hipótesis y problemas con finalidad argumentativa (tabla VII.12.).

Por otra parte, los estudiantes reconocieron la importancia de la mirada histórica acerca del contexto de formulación de los problemas y las estrategias de resolución, asumiendo

que ello va de la mano de mayores posibilidades de comprensión significativa. En este sentido, uno de los equipos introdujo las ideas de *exactitud* y *realismo* en la enseñanza de los contenidos, como posibilidad también vinculada al aporte histórico. Quizás con ello quiera expresarse que la experiencia de aprendizaje transitada estuvo signada por cierta artificialidad, imprecisión y arbitrariedad de los planteos. De alguna manera se expresó la dificultad que entraña un diseño didáctico descontextualizado y con escasos elementos de estructuración de la tarea: ¿Por qué se propone realizar esta experiencia? ¿Cuál es el objetivo de la actividad? ¿Qué se espera que el estudiante realice? ¿Cómo se relaciona con los contenidos de la asignatura?, etc.

Asimismo, los estudiantes resaltaron el valor de la referencia histórica acerca de las ideas. Con ello referimos al reconocimiento de la importancia de superar el sentido universal y a-histórico habitualmente atribuido a los conceptos, es decir, la necesidad de una referencia no anecdótica capaz de argumentar la evolución del pensamiento en torno a núcleos de relevancia epistemológica.

Los estudiantes señalaron, además, la valoración de una instancia introductoria a la actividad experimental, lo que revela la necesidad de un momento previo que, como criterio didáctico, brinda la posibilidad de hacer lugar a la narrativa de contextualización y la clarificación o reformulación explícita de objetivos, hipótesis y problemas.

Finalmente, la referencia a los conocimientos a transmitir, introdujo -aunque de modo incipiente- la idea de re-situar la experiencia de laboratorio en el marco de un programa de estudio, devolver la dimensión conceptual/teórica a la actividad experimental y redefinir el lugar del diálogo método-teoría.

VII.4.2. El laboratorio escolar según docentes en ejercicio

Recordemos que el tercer momento de la estrategia de formación situaba a los docentes en la posición de aprendices discutiendo acerca del progreso y sentido de una clásica actividad de laboratorio escolar. En primer lugar, se entregó a los docentes el mismo protocolo de laboratorio presentado a los estudiantes de profesorado que, como ya hemos descripto, consiste en una sucesión de procedimientos predeterminados de manipulación de elementos, observación y registro con precisiones temporales. La consigna de trabajo solicitaba a los docentes ponerse en situación de hipotéticos estudiantes, en un contexto de laboratorio escolar, dispuestos a realizar la experiencia

presentada. El registro de las respuestas de los participantes se realizó a través de grabaciones de audio de las discusiones grupales. Luego se procedió a su transcripción por escrito y al análisis del *mapa de razonamiento* seguido por los participantes.

- *La hipótesis inicial*

La primera instancia de discusión, reveló el centramiento de los participantes en la constatación de cambios observables de naturaleza cualitativa en la materia. Las predicciones refirieron principalmente a los datos o evidencias que proporcionarían los órganos de la visión y el olfato, recuperando experiencias previas de la vida cotidiana como ilustración.

No se reflexionó acerca de los interrogantes y objetivos que orientaban la búsqueda o la razón de ser de las variaciones en las condiciones de observación. La hipótesis inicial terminó siendo formulada desde una posición egocéntrica que redefine los procesos de descomposición en términos de resultados que afectan las posibilidades de consumo humano del alimento en cuestión.

“Se hace como una película, como una babita... viste cuando dejás un bife dos o tres días en la heladera... Claro, en la superficie se pone oscura y seca, pero en la parte donde tiene doblez se pone verde o grisácea...”

- *Una observación de contraste*

El segundo momento de la discusión incorporó la *comparación* entre los cambios probables de las muestras bajo diferentes condiciones. Esta nueva instancia brindó la posibilidad de reflexionar acerca de la aparición de organismos en la materia en estudio. Ello reforzó el posicionamiento inicial conduciendo a reformular la hipótesis de la descomposición desde la noción de *contaminación*, desdibujándose la variable biológica *medio de vida* que sustenta la experiencia.

Además el modo de proceder descrito reveló un abordaje paso a paso que impedía avanzar hacia una visión de conjunto que restituyera el sentido original al diseño experimental.

“Manda olor, tienen mayor acceso los insectos que se depositan sobre él, contaminándolo...”

“La diferencia del papel o la tapa metálica... la gasa tiene más entrada de aire... La gasa permitirá la entrada de más microorganismos... Claro, y al tener poros más grandes viste que las moscas o cualquier insecto... la mosca se va posar ahí, y puede llegar desovar y formar el gusanito que puede caer dentro de

la gasa. Entonces se contamina con los microorganismos del ambiente... contaminándola con todo tipo de bacterias, o todo tipo de microorganismos...

- *La segunda hipótesis*

En el tercer momento de discusión, se incorporaron nuevos conocimientos que permitieron la consideración de nuevas variables. Ello condujo a la formulación de una nueva hipótesis: los procesos de consumo por parte de los organismos referidos tienen un efecto de “limpieza” sobre la materia. No era posible aún pensar a los fenómenos involucrados desde una visión evolutiva y sistémica, diluyendo nuevamente las posibilidades de aproximación al núcleo de sentido de la experiencia.

Yo lo que diría acá es que la materia se conserva, si bien se descompone... en cambio en el frasco destapado la consumen!! Se puede tomar desde dos perspectivas: esa materia le sirve de alimento al bichito y por otro lado, el bichito limpia el lugar....”

“Pero viste a los gusanos cómo los trabajan a nivel laboratorio, para hacer las curaciones de las heridas...que te parece increíble... los cultivan y después los mandan a personas que no cicatrizan, que tienen diabetes... viste cómo le limpian la herida... los ponen en la herida y después se los envuelven! Qué bárbaro!”

- *Refuerzo de hipótesis coexistentes*

El cuarto momento de discusión se destinó a la reflexión acerca del por qué y para qué de la experiencia, así como las hipótesis subyacentes al diseño. Los aportes de los participantes no hicieron sino reforzar las posiciones ya formuladas. Además, las valoraciones de los docentes se elaboraron desde su lugar de enseñantes, no logrando tomar la necesaria distancia del protocolo de laboratorio para su evaluación.

De todos modos, la discusión progresó con la incorporación de nuevos conocimientos, - incluso de otras áreas disciplinares – refiriendo a conceptos o dimensiones más complejas no consideradas aún. Estos aportes fueron finalmente ignorados tras la asunción de un desconocimiento generalizado al respecto.

“A mí se me ocurre que el experimento es para reafirmar los contenidos. Para, a través de la observación, comprender los cambios en la materia orgánica Y valorar formas de conservación de alimentos.”

“¿El olor lo da la bacteria no es cierto? Ahí no nos metimos en el tema de proteínas, porque la carne es rica en proteínas... ¿Pero qué tiene que ver eso a nivel conservación? Porque se desnaturalizan las proteínas...Bueno, pero yo esa parte de química no la sé, así que mejor no...”

- *Nuevos sentidos para la enseñanza*

El quinto momento, tal como se procedió con los estudiantes (grupo 2) consistió en la lectura de textos diversos sobre la construcción histórica de interpretaciones acerca del problema abordado en el diseño experimental. La posibilidad de acceder a este nuevo aporte no condujo a los docentes a cuestionar explícitamente las hipótesis discutidas, pero lograron identificar la pregunta-problema que atraviesa todos los textos, reconociéndola incluso en el relato contextualizado del diseño experimental que acaban de simular y analizar.

Además, una nueva discusión aportó significados más complejos y potentes acerca del sentido del trabajo práctico de laboratorio en la Enseñanza de las Ciencias.

“... porque mediante la metodología experimental se desarrollan actitudes científicas de indagación, observación sistemática, formulación de hipótesis, inclusión de variables que promuevan la búsqueda del fundamento y la explicación científica. A través de la realización de actividades, de aciertos, errores, se llega a un resultado o producto final. También nos llevan a preguntarnos cómo nacen nuevos seres vivos y se desarrollan en el ambiente natural y que hay diversas explicaciones y corrientes de pensamiento acerca del origen de los mismos, lo que nos lleva a ampliar lo experimental en otros campos y espacios históricos, sociales, culturales”.

“...la metodología experimental conduce a materializar el último texto y además se visualiza el proceso histórico, genera el debate, la discusión.”

“Es muy importante la experiencia para la enseñanza porque el alumno puede comprobar lo que está estudiando, indagando de dónde proviene, lo que vamos a investigar”.

En síntesis, si se considera el recorrido completo realizado tanto por estudiantes como por docentes en el marco de esta actividad, puede advertirse la expresión de una multiplicidad de sentidos. Entre ellos, algunas ideas y procedimientos parecen aproximarse a lo que la literatura de investigación viene señalando como preconcepciones erróneas acerca de la actividad experimental en el aula de ciencias. Se trata un conjunto de creencias, conceptos, sistemas de razonamiento que traducen los principales obstáculos epistemológicos en la significación constructiva de la experimentación escolar.

Asimismo, el recorrido propuesto ha ido movilizando, a partir de procesos de metarreflexión guiada, sentidos más adecuados a las nuevas tendencias de diseño didáctico para la incorporación de la actividad experimental en la enseñanza de contenidos de ciencia. Por supuesto, dados los objetivos específicos de la estrategia de formación que nos ocupa, el componente histórico cobra en este punto una especial

relevancia. A continuación se presenta una síntesis de los resultados principales (tabla VII.13).

Tabla VII.13. Ejes de resistencia y movilización del momento “Laboratorio e Historia...”

Núcleos de resistencia	Ejes de movilización
Actividad experimental orientada a la observación e identificación de estados, más que de procesos Variables de experimentación tratadas como elementos independientes Tratamiento independiente de los sucesivos registros de observación. Modalidad fragmentada de tratamiento de los datos Dificultad para definir a lo observado como genuino objeto de conocimiento Lógica verificacionista de la actividad experimental (demostrativa, ilustrativa) Perspectiva inductivista basada en la observación pura de los hechos. Observación como punto de partida a-teórico	Diseño experimental historizado en torno a núcleos de sentido con relevancia histórico-epistemológica Diseño experimental gestado a partir de un sistema explicativo en crisis Incorporación de la noción de refutación que complejiza la lógica verificacionista inicial Diseño experimental como construcción contextualizada, referenciada en una coyuntura histórica determinada. <u>Crterios didácticos:</u> Diseño experimental que contempla la consideración de resultados probables (pensamiento proyectivo y reversible) Mirada histórica sobre hipótesis y problemas de experimentación asociada a mayores posibilidades de comprensión Importancia de contemplar la dimensión conceptual/teórica a la actividad experimental.

A lo largo de las tres instancias que conformaron el momento de formación aquí desarrollado nos hemos propuesto abordar la gradualidad que - en términos de resistencias y movilizaciones - opera en la evolución de los saberes docentes en el marco de estrategias de formación situadas. Específicamente, hemos analizado una propuesta para la resignificación histórica, epistemológica y didáctica de la actividad experimental en la Ciencia y su enseñanza.

En función del análisis desarrollado, introducir la Historia en la reflexión metacientífica se ha constituido en una herramienta potente para la construcción de una visión de ciencia evolutiva y recursiva, restituyendo su anclaje socio-cultural y revalorizando una perspectiva sistémica, que integra las articulaciones método-teoría, las relaciones entre áreas de conocimiento y sus componentes interpretativo y creativo.

Por su parte, los núcleos de reflexión didáctica en actividades de transposición y metarreflexión, han contribuido al reconocimiento del valor educativo de los procesos de contextualización, formulación de hipótesis, diseño de estrategias y argumentación para el abordaje de problemas abiertos en el laboratorio escolar.