

4. 16. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA UNA DIDÁCTICA ESPECÍFICA DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LA TECNOLOGÍA

Prof. Carlos David Monsalve¹

Resumen

La formación docente para el Nivel Primario en la provincia de Río Negro plantea un desafío particular para la Educación Tecnológica, cuya presencia curricular se encuentra integrada al área de Ciencias Naturales y explícitamente vinculada, en segundo año, al espacio *Didáctica de las Ciencias Naturales y la Tecnología*. Esta configuración ha generado, en algunos Institutos de Formación Docente, la necesidad de disputar y construir espacios de participación para garantizar la presencia de los saberes tecnológicos en la formación de futuros/as docentes. El presente artículo relata una experiencia que propone una alternativa a esta tensión curricular mediante la articulación interdisciplinaria entre Ciencias Naturales y Educación Tecnológica.

Desde el campo de las didácticas específicas, este escrito expone una ingeniería didáctica orientada a la enseñanza de las ciencias exactas y la tecnología en la escolaridad primaria. Se promueve la apropiación de artificios científicos (Tignanelli, 2012) en sintonía con la nueva filosofía de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT). Para ello, se articula el aprendizaje basado en proyectos (Dewey, 1910), la enseñanza situada (Díaz Barriga, 2006) y la indagación escolar (Furman y De Podestá, 2009) mediante la integración disciplinar del enfoque STEAM (Greca et al., 2018) y los distintos niveles de indagación -estructurada, guiada, acoplada y abierta- propuestos por Toma y Greca (2016). Abordando la cognición desde el empleo de la hipótesis de integración jerárquica del conocimiento, se busca incluir en la construcción de planes de clases la acción mediada (Wertsch, 1999) y el aprendizaje social (Bandura, 1977) como ejes para la adopción de herramientas culturales, intentando construir una propuesta pedagógica de Vanguardia tal como lo describe Miriam Kap (2024).

Palabras claves: Ingeniería Didáctica. Situaciones de enseñanza. Artificios científicos. Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Enseñanza Situada. Modelo de Indagación. Integración Jerárquica. Acción Mediada. Metodología STEAM.

Introducción

¹ Prof. Titular de Educación Tecnológica. Área Ciencias Naturales y Tecnología. Profesorado en Educación Primaria. Instituto de Formación Docente de Luis Beltrán. Río Negro. Argentina.

“Comenio consideraba la naturaleza como expresión de la Divinidad, y su método - o artificio universal - se fundamentó en el orden de esta, efectuando las siguientes recomendaciones para la enseñanza: Haya un solo y mismo método para enseñar las ciencias: uno solo y el mismo para todas las artes; y uno solo e idéntico para todas las lenguas”

Araujo, S. (2014:24)

La formación docente para el Nivel Primario en la provincia de Río Negro presenta un particular desafío para la enseñanza de la Educación Tecnológica. En el marco del Diseño Curricular del Profesorado de Educación Primaria, este campo de conocimiento ha quedado subsumido en una orientación centrada en las Ciencias Naturales, de modo que el espacio curricular de segundo año —denominado *Didáctica de las Ciencias Naturales y la Tecnología*— constituye el ámbito en el que la tecnología aparece explícitamente integrada al área. Esta configuración curricular plantea una tensión que trasciende la denominación de los espacios: mientras las Ciencias Naturales cuentan con una presencia sostenida en la estructura formativa, la Educación Tecnológica debe disputar su participación efectiva en otros espacios curriculares del área para garantizar que sus saberes, modos de conocer y formas particulares de intervención sobre el mundo artificial sean reconocidos en la formación de futuros/as docentes.

En distintos Institutos de Formación Docente de la provincia, esta situación ha requerido construir alternativas pedagógicas y curriculares que permitan ampliar la presencia de la Educación Tecnológica y, al mismo tiempo, superar una concepción de la tecnología reducida a la utilización instrumental de artefactos o recursos. Una de las respuestas posibles a este entramado curricular es la experiencia que se presenta en este artículo: una propuesta de articulación entre las Ciencias Naturales y la Educación Tecnológica que busca construir un campo de trabajo interdisciplinar desde el cual ambas áreas puedan contribuir, con sus especificidades, al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico escolar.

La propuesta se desarrolla en el marco de la formación docente inicial y recupera el trabajo realizado con estudiantes del Profesorado de Educación Primaria durante los ciclos lectivos 2024, 2025 y 2026. Su propósito es fundamentar y poner en acción una ingeniería didáctica orientada al diseño de situaciones de enseñanza que articulen

saberes de las ciencias naturales y la tecnología, reconociendo la complejidad propia de estos campos y la necesidad de formar docentes capaces de diseñar propuestas situadas, interdisciplinarias y significativas. En este sentido, la experiencia parte de una decisión pedagógica central: no se trata de incorporar la tecnología como un agregado a la enseñanza de las ciencias naturales, sino de construir situaciones en las que los modos de pensar, conocer, diseñar y resolver problemas propios de ambos campos puedan entrar en diálogo.

El artículo se organiza en dos momentos. En primer lugar, se presentan los marcos teóricos que sustentan las decisiones pedagógico-didácticas de la propuesta, articulando las dimensiones epistemológica, cognitiva y didáctica de la ingeniería didáctica. En segundo lugar, se presentan algunas propuestas de aula elaboradas por estudiantes de la formación docente, desarrolladas en el espacio curricular *Ciencias Naturales y su Didáctica III*. El recorrido busca mostrar una de las formas posibles de resolver, desde la práctica pedagógica, la tensión producida por una configuración curricular que integra la Educación Tecnológica en el área de Ciencias Naturales, recuperando la especificidad de ambos campos a partir de su articulación en proyectos de indagación escolar, resolución de problemas y producción de artificios.

Una de las dificultades de la formación del pensamiento didáctico² en la Formación Docente Inicial está centrado en que el/la estudiante que transita la formación docente tiende a buscar un único y eficaz modelo de enseñanza que le asegure la planificación de secuencias didácticas de Lengua y Literatura, Matemática, Ciencias Sociales y Ciencias Naturales de forma rápida y sin dificultad.

Al ir transitando los distintos espacios curriculares va descubriendo que este imaginario comienza a modificarse por uno que, de alguna forma, muestra “demasiadas” complejidades, y no encuentra en la formación un único modelo que sirva para todas las áreas curriculares. Poco a poco los/as estudiantes van internalizando procesos de aprendizaje en la complejidad, comprenden que no hay una única, universal y atemporal forma de enseñar y tratan de autoconstruirse como diseñadores/as de situaciones didácticas.

² Entendido como “la racionalidad que es capaz de estar presente en la acción educativa como formas de hacer y saber” (Monarca, 2011)

Este escrito intenta dar cuenta de los fundamentos teóricos que sustenta el diseño de situaciones didácticas en el ámbito de la complejidad por parte del área en pos de explicitar líneas de reflexión teórica y se posiciona en el paradigma de la formación de docentes como intelectuales transformativos (Giroux, 1990), es decir profesionales reflexivos que buscan mejorar las prácticas de enseñanza de saberes de las ciencias naturales y la tecnología en el marco de la nueva filosofía de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) utilizando el apoyo teórico de la ingeniería didáctica que proviene de la didáctica de la matemática francesa, ya que esta se utiliza con un doble propósito:

- como metodología de investigación y
- como producción de situaciones de enseñanza y aprendizaje.

Según Artigue (1995) se distinguen las siguientes dimensiones ligadas a los procesos de construcción de ingenierías didácticas:

- la dimensión epistemológica: asociada a las características del saber puesto en funcionamiento.
- la dimensión cognitiva: asociada a las características cognitivas de los alumnos a los que se dirige la enseñanza.
- la dimensión didáctica: asociada a las características del funcionamiento del sistema de reenseñar.

Tomaremos estas dimensiones para ir describiendo una propuesta de enseñanza que promueve la formación de pensamiento científico tecnológico escolar en aulas del siglo XXI.

Dimensión Epistemológica

Si bien las ciencias naturales y la tecnología también implican procesos sociales orientados a lograr conocimientos sistematizados, puestos a prueba por distintas generaciones y en diferentes contextos históricos sociales existen distintas visiones que, en algunos casos, los ponen como campos de conocimientos separados (en confrontación por algunos momentos) y en otros articulan sus miradas para ponerlos en diálogo tal como se hace con la matemática y la física, la astronomía y la geometría; la biología y la biotecnología por citar algunos ejemplos. En nuestro caso, al hablar de los saberes que pondremos en acción en este campo debemos explicitar que la naturaleza

del conocimiento que trataremos tendrá vinculados aspectos de la historia de la ciencia y la tecnología, tanto como sus aspectos filosóficos y sociológicos, en sentido amplio promover la articulación del conocimiento de la disciplina con estas dimensiones meta-disciplinares se denomina “Naturaleza de la ciencia y la tecnología” (NdCyT). Según Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Bennásar-Roig et al. (2015), *“Los temas de NdCyT son complejos, por su contenido interdisciplinar (presencia de disciplinas adicionales a la misma ciencia), multifacético (se trasciende el enfoque meramente científico para incluir otras perspectivas de análisis) y frecuentemente controvertido (más allá de la imagen mecánica y objetivista de la ciencia, se trata de resaltar su carácter dialéctico y argumentativo)”* (p.11). Mientras que los contenidos disciplinares de las ciencias naturales abordan saberes referidos a fenómenos de la naturaleza, los saberes de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) nos proponen saber sobre la historia de la ciencia misma, cómo se construyeron esos saberes, bajo qué circunstancias históricas y sociales emergieron y cobraron fuerza, cuáles fueron los grupos de poder que tuvieron influencia en el proceso de conformación, cómo surgieron los términos y vocablos que forman la “arqueología del saber” y a qué cosmovisión responden entre otros aspectos.

Así, los contenidos disciplinares de la tecnología referidos a cómo se ha construido el mundo artificial y cómo se relaciona la artificialidad con el desenvolvimiento de la sociedad (la “ciencia de lo artificial” según Simon (2006)) también son pasibles de análisis en el marco de la Naturaleza de la Tecnología (NdT), Pacey y Bray (2021) sugiere que el fenómeno tecnológico sea abordado como una práctica social, haciendo evidentes los valores culturales que subyacen en su utilización, ninguna tecnología aparece por arte de magia... ninguna tecnología llega a nosotros desligada de una historia que le es propia. Al igual que la ciencia la tecnología responde a intereses y a enfoques epistemológicos. Según González García et al. (1996) existe un enfoque artefactual de la tecnología: “la concepción artefactual o instrumentista de la tecnología es la visión más arraigada en la vida ordinaria. Se considera que las tecnologías son simples herramientas o artefactos contruidos para una diversidad de tareas” mientras que Bunge (2000) no ve de la misma forma a este fenómeno y considera que la tecnología es la aplicación de conocimiento científico en la realización de una tarea, considera a la tecnología como “ciencia aplicada”, para este autor la tecnología encuentra su fundamento en la formulación de “reglas tecnológicas” y “teorías tecnológicas” (Bunge, 2000).

El enfoque sistémico de la tecnología basado en la noción de sistema técnico fundamentado por Quintanilla (2017), Pacey y Bray (2021) y Hughes (1983) posiciona a la

tecnología como no dependiente de la ciencia sino como producto de una unidad compleja formada por los agentes, los materiales, los artefactos y la energía (Quintanilla, 2017; Osorio, 2002). La NdCyT nos invita a conocer sobre los enfoques que circulan sobre ciencia y tecnología para encontrar a través de conocimientos históricos, sociológicos y epistemológicos a qué tipo de ciencia y tecnología adherimos o pretendemos adherir al seleccionar saberes a enseñar durante la elaboración de secuencias de enseñanza. A través del tiempo la ciencia y la tecnología han ido construyendo y reconstruyendo su modo de conocer, sus reglas, sus métodos, su estructura general... en este devenir la tecnología como campo de conocimiento se ha concentrado en desentrañar la constitución misma de los productos que la invención humana ha creado y/o modificado para mejorar su forma de estar en el mundo (aunque no siempre lo ha logrado), en este sentido la ciencia también ha producido sus propios artificios, es decir sus propias invenciones para intentar comprender cómo funcionan los fenómenos de la naturaleza. *“Muchas de las nociones de la ciencia son construcciones teóricas producto de la invención humana. Los átomos, los genes, el calor, la energía y los agujeros negros son ejemplos de ideas científicas útiles para explicar fenómenos observados. El flogisto, el calórico, el éter y los efluvios también han sido ideas inventadas para explicar fenómenos observados, pero con el desarrollo de la ciencia y la tecnología dejaron de ser útiles, y han sido por lo tanto descartadas y sustituidas por otras”* (Gellon et al., 2011, p.119 y ss)... la ciencia genera sus propios inventos para intentar explicar cómo se desarrollan procesos naturales, crea/inventa modelos y palabras nuevas para nombrar aquello que quiere explicar, es decir que crea artificialidades (entendiendo que artificial es todo lo hecho por el hombre, es lo no natural), según Tignanelli (2012): *“los artificios se definen como el arte o las habilidades en las cuales predomina, sobre la naturalidad, la elaboración personal, emocional y artística. Los artificios pueden ser artefactos, inventos, máquinas, o bien frases, definiciones y conceptos”* ...para este autor los “artificios científicos” son “los procedimientos y productos que los estudiantes construyen en una clase organizada como factoría, para apropiarse de las ideas sobre el mundo natural que provee la ciencia escolar” (p. 12).

En esta propuesta de articulación de campos de contenidos de la ciencia y la tecnología orientados a la producción de secuencias de enseñanza vamos a caracterizar el saber que pondremos en funcionamiento como un saber operacional que conjuga aspectos de la ciencia y la tecnología a través de la planificación de secuencias que le permitan a los/as aprendientes crear sus propios artificios científicos, es decir que nos alejaremos de

la idea de separar saberes procedimentales por un lado (saber hacer) e ideas abstractas de la ciencia por otro (saberes conceptuales) ya que los artificios científicos tienden a complementar procedimientos y productos para apropiarse de una idea. Al tomar la esencia de la historia de la ciencia y la tecnología en el marco de la NdCyT vemos que en el devenir ésta idea ha sido una constante, se produce una artificialidad (un modelo, un esquema, una maqueta, una fórmula, un dibujo técnico, un dibujo artístico) para comprender cómo funciona un proceso natural. Cada “idea inventada” por la comunidad científica requirió de una artificialidad para su mejor comprensión, la historia de la elaboración de diseños experimentales³ es un claro ejemplo de este proceso, basta con recorrer las ideas plasmadas por Aristóteles en Organon pasando por Grosseteste (1170-1253), Duns Escoto (1265-1308), Guillermo de Occam (1280-1349), Galileo (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626) y Suart Mill (1806-1873) para conocer cuáles fueron algunos de los artificios que los científicos elaboraron para poner a prueba una idea.

En el marco del eje epistemológico de la naturaleza de la ciencia (Adúriz Bravo, 2005) vamos a considerar aquí que el empleo del lenguaje juega un rol preponderante, permite construir analogías y metáforas orientadas a comprender fenómenos, Lavoisier en “Tratado elemental de la química” (1789) señalaba que *“las palabras son las que conservan y transmiten las ideas, resulta que no se puede perfeccionar la lengua sin perfeccionar la ciencia, ni la ciencia sin la lengua; y por muy ciertos que fueran los hechos, por muy justas las ideas que los originaron, solamente transmitiremos impresiones falsas si no tuviéramos expresiones exactas para nombrarlos”*, aprender ciencias por medio del lenguaje pone en escenario al enfoque comunicativo de Jaume Jorba (2000) estructurado sobre las ideas de Jay Lemke (1997), en este modelo sociocultural *“el conocimiento es una construcción fundamentalmente social, que se realiza a través de un proceso en el que los modelos iniciales de los individuos, holísticos e interpretativos, pueden evolucionar gracias a la interacción social mediada por la comunicación”* (Jorba, 2000).

En la construcción del conocimiento de las ciencias naturales y la tecnología la comunicación permite desarrollar habilidades cognitivo lingüísticas orientadas a resolver problemas, los artificios elaborados desde el lenguaje (artificios semánticos) con un fin específico orientado a la construcción y apropiación de modelos de la ciencia escolar se

³ “En sentido amplio, en el presente documento, se considerará un diseño experimental como un plan para descubrir o probar conexiones causales, siendo el experimento la ejecución de ese plan” (Cazau, 2013)

caracterizan por estar orientados a la percepción y a la argumentación, los artificios de cuestionamiento (artificios semánticos para la percepción) son, por ejemplo, elaboraciones en forma de preguntas mientras que los artificios semánticos utilizados para la argumentación, según Tignanelli (2012), pueden dividirse en artificios de enunciación (enunciados) y artificios de simbolización (como las metáforas y las analogías)... basta con poner en tensión la idea y el modelo de qué se entiende por "máquina" para descubrir cómo los artificios semánticos inclinan hacia la ciencia ó la tecnología nuestra comprensión sobre qué es una máquina (Monsalve, 2000).

En el caso de la tecnología el conjunto de artificialidades que se articulará en esta propuesta provienen de la historia de la tecnología como meta ciencia, en particular del "campo de soluciones" (Monsalve, 2001) del docente quien a partir del enriquecimiento de su cultura tecnológica se irá apropiando de saberes referidos a la construcción de modelos que científicos/as y tecnólogos/as fueron elaborando a través del tiempo, por medio de la sociología de la tecnología podrá identificar por qué algunas soluciones que fueron eficientes en términos de optimización y cuidado de los recursos lograron continuar y por qué otras del mismo tenor no llegaron a la actualidad... tengamos siempre presente que *"los historiadores de la ciencia y los de la tecnología parecen constituir, más o menos, grupos mutuamente excluyentes, a pesar de la imposibilidad de escribir una historia satisfactoria tanto de la ciencia como de la tecnología, si no se reconoce como es debido el papel de la otra materia"[...]* *"en realidad, la ciencia debe mucho a la tecnología, y la historia de la ciencia no se entiende si no se tiene en cuenta aquella"* (Cardwell, 1996). Conocer sobre la historia de la ciencia y la tecnología irá aportando nuevas y enriquecidas alternativas de soluciones para los diferentes problemas de modelización que los aprendientes deban resolver en el marco de las situaciones didácticas propuestas.

Dimensión Cognitiva

Para continuar con la caracterización de esta propuesta de ingeniería didáctica es necesario abordar las características cognitivas de los/as alumnos/as a los que se dirige la enseñanza, en particular en lo referido a la formación de pensamiento científico tecnológico escolar, durante el desarrollo de este apartado no propondremos diferencias entre ambos campos de conocimiento (el científico y el tecnológico), ya que abordaremos caracterizaciones generales.

Según Pozo y Gómez Crespo (2013) existe en la tradición de la enseñanza de las ciencias algunas hipótesis que relacionan al conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico que se les enseña; así la hipótesis de compatibilidad señala que existe una relación directa entre las formas de pensar propias de las ciencias y la formación del pensamiento escolar en ciencias bajo la idea de que las personas de la calle y los científicos deben pensar de la misma forma cuando se enfrentan a un problema. En cambio, la hipótesis de incompatibilidad o cambio conceptual *“asume de hecho que, en contra de la hipótesis anterior, la mente del científico y la del alumno tienen en algún sentido formatos incompatibles, que usan lenguajes diferentes, o incluso, utilizando la terminología de Kuhn (1962), que son hasta cierto punto inconmensurables, no se pueden reducir ni traducir la una a la otra”*⁴. La hipótesis de independencia o el uso del conocimiento según el contexto plantea que no es necesario que el alumno abandone completamente la teoría anterior para sustituirla por una nueva, en esta hipótesis se da lugar a la coexistencia de sistemas alternativos de conocimiento dentro de un mismo sujeto, estos dispondrán de teorías alternativas que se activarán de modo discriminatorio en función del contexto en el cual están inmersos.

Partiendo del cuerpo teórico estructurado en torno a la hipótesis de integración jerárquica propuesta por Pozo y Gómez Crespo (2013) según la cual *“en lugar de pretender separar o independizar ambas teorías, la científica y la cotidiana, [...] se trataría de conectarlas mediante procesos metacognitivos, de convertir en objeto de reflexión las diferencias entre ambas teorías, de forma que puedan ser integradas como distintos niveles de análisis o de complejidad en la interpretación de un problema”* (Pozo & Gómez Crespo, 2013, pág. 140). Nos interesa en este punto resaltar la importancia de las ideas y los modelos explicativos expresados por los/as aprendientes tanto para abordar fenómenos de la naturaleza como para explicar la construcción de las distintas artificialidades realizadas, a través de esta propuesta se considera que los/as aprendientes llegan con ideas y teorías pre-elaboradas, son sujetos activos que reestructuran sus modelos a partir de la información que reciben y consideran relevante, no son sujetos pasivos sino que, estimulados por el entorno, componen y construyen sus propios tejidos conceptuales y simbólicos dentro de un medio social, cultural e histórico... esta reestructuración interna es mediada por el uso de herramientas culturales y es la que les permitirá aprender de una forma cualitativamente distinta, los entornos sociales y culturales actuales establecen una nueva forma de interactuar y vincularse con el mundo actual, además consideramos

⁴ Pozo & Gómez Crespo, 2013, págs. 134-135.

al sujeto, como sujeto social, el cual se constituye psicológica y subjetivamente a partir de la interacción e inmersión en la cultura y la sociedad, este enfoque toma sus principios a partir del análisis sociocultural y de la Teoría del Aprendizaje Social (Bandura, 1977).

Según Pea (2001) *“El que ha observado de cerca prácticas cognitivas tiene la impresión de que la “mente” raramente trabaja sola. Las inteligencias reveladas mediante esas prácticas están distribuidas, en la mente y entre las personas, y los entornos simbólicos y físicos, tanto naturales cuanto artificiales”*, la “inteligencia distribuida” es una teoría que nos permite pensar la cognición de los estudiantes más allá del ámbito del organismo propio, abarcando a otras personas aprovechando el entorno y los artificios en su favor... según David Perkins (2001) *“Podemos tomar como unidad de análisis no al alumno sin los recursos que hay en su entorno –la persona solista– sino la persona más el entorno o, en beneficio de la brevedad, la persona más; en este caso, el alumno más el cuaderno.” [...] “Podemos hablar de la persona más el entorno como un sistema compuesto que piensa y aprende.”*

Entendemos que los procesos cognitivos de los/as aprendientes se enriquecen a partir del dominio y la apropiación de herramientas culturales, enmarcados en la péntada de Keneth Burke (1945) asumimos que la resolución de problemas científicos escolares implica crear, por parte del docente, una escena en la que los aprendientes (agentes) tienden a realizar un acto a partir de propósitos bien definidos por medio de la agencia (medios o instrumentos a utilizar), por ejemplo el uso del cuaderno como medio o instrumento a utilizar en esta escena se convierte para Wertsch (1999) en una herramienta que la cultura ha propuesto para desarrollar el acto y se analiza a través de una categoría denominada por él como “Acción Mediada”, en el marco de la enseñanza de las ciencias y la tecnología la invitación consiste en ir introduciendo nuevas y viejas herramientas culturales que le permitan a los aprendientes distribuir su inteligencia y su conocimiento en entornos enriquecidos.⁵ La integración de estas herramientas se apoya en los desarrollos teóricos sobre la construcción social de la inteligencia... *“en las perspectivas socioculturales de la mente, la inteligencia no es una facultad que se produce en el cerebro, como una función aislada, sino más bien se halla distribuida en los diferentes entornos materiales y sociales y está situada en contextos. Es decir que la interacción con*

⁵ La relación dialéctica agente-herramienta conforma una unidad de análisis denominada “acción mediada” (Wertsch, 1999), esta tensión irreductible entre estos dos componentes de la categoría de análisis no debe ser reducida a la descripción de alguno de sus elementos por separado, el uso de esta implica reconocer que el uso de las nuevas y viejas herramientas culturales puede causar resistencia, dominio e internalización.

diferentes artefactos culturales amplía la capacidad perceptiva y permite la elaboración enriquecida del conocimiento, haciéndolo memorable” (Gentiletti, 2012).

Al considerar el entorno material, el contexto, la cultura y la actividad que desarrolla el agente los teóricos de la cognición situada parten de la premisa que indica que el conocimiento que allí se aprende es un conocimiento situado ya que este es parte y producto de la actividad misma. Según Díaz Barriga (2003, p.2): *“El paradigma de la cognición situada representa una de las tendencias actuales más representativas y promisorias de la teoría y la actividad sociocultural (Daniels, 2003). Toma como punto de referencia los escritos de Lev Vygotsky (1986; 1988) y de autores como Leontiev (1978) y Luria (1987) y más recientemente, los trabajos de Rogoff (1993), Lave (1997), Bereiter (1997), Engeström y Cole (1997), Wenger (2001), por citar sólo algunos de los más conocidos en el ámbito educativo. De acuerdo con Hendricks (2001), la cognición situada asume diferentes formas y nombres, directamente vinculados con conceptos como aprendizaje situado, participación periférica legítima, aprendizaje cognitivo (cognitive apprenticeship) o aprendizaje artesanal. Su emergencia está en oposición directa a la visión de ciertos enfoques de la psicología cognitiva y a innumerables prácticas educativas escolares donde se asume, explícita e implícitamente, que el conocimiento puede abstraerse de las situaciones en que se aprende y se emplea.”*

En este marco aprender y hacer ciencias y tecnologías son acciones inseparables, lo importante aquí es crear/recrear contextos (escenarios) reales en donde se planifique la enseñanza situada, para que los aprendientes realicen aprendizajes escolares como procesos de enculturación integrando de manera gradual prácticas sociales de una comunidad intentando no caer en el marco de la hipótesis de compatibilidad. En nuestro caso el enfoque de enseñanza situada que se enmarcaría dentro de esta visión sociocultural será el denominado “aprendizaje experiencial” de John Dewey, un modelo de enseñanza que desarrollaremos a partir del siguiente apartado.

Dimensión Didáctica

En este apartado abordaremos la dimensión didáctica asociada a las características del funcionamiento del sistema que se propone, no se pretende denotar una idea nueva o innovadora sino que se busca dejar plasmados los marcos teóricos que sustentan una práctica pedagógica.

Las ciencias naturales y la tecnología como conjunto de conocimientos se encuadran dentro del campo de las ciencias exactas mientras que la enseñanza de los saberes científicos y tecnológicos pertenece al campo de las ciencias sociales, en particular se enmarcan dentro de las denominadas didácticas específicas de las disciplinas (Ciencias de la Educación) ya que “se caracterizan por partir de una delimitación de regiones particulares del mundo de la enseñanza” (Camilloni et al., 2008). Esta afirmación se encuentra actualmente en debate ya que una parte de la literatura epistemológica referida a la didáctica de las ciencias considera que la didáctica de las ciencias naturales no es una rama de otra disciplina sino que la entiende como un campo interdisciplinar de aplicación, un aporte referido a la comprensión de esta didáctica como disciplina autónoma puede leerse en “La didáctica de las ciencias como disciplina” (Adúriz-Bravo, 2009), se entiende que es necesario hacer esta aclaración porque lo que a continuación se detallará es una propuesta didáctica caracterizada por tomar conocimientos de las ciencias naturales y la tecnología no orientada a formar científicos y tecnólogos, nuestro objetivo consiste en propiciar modos de pensar que combinen aspectos de la ciencia escolar y la educación tecnológica...*“así, la ciencia escolar se define como una transposición didáctica del conocimiento científico erudito, realizada de modo tal que posibilite a los alumnos acceder a un aprendizaje que les resulte significativo, que sea cercano a su realidad”* (Izquierdo i Aymerich, 1999). En alguna medida, definir esta ciencia a llevar al aula se traduce en decidir qué enseñar y cómo organizar y distribuir los conocimientos a ser enseñados (Sanmartí y Márquez, 2017), proceso que nos lleva necesariamente a plantear una relativa autonomía de la ciencia que circula por las aulas respecto de la de los científicos.” (Meinardi et al. 2002), “... partimos de la idea clave que estructura el llamado modelo cognitivo de ciencia escolar (Izquierdo, 2001; Izquierdo i Aymerich et al., 1999; Izquierdo i Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003), que es el marco teórico que da sustento a nuestra propuesta de aula. La idea clave a la que nos referimos es que la actividad científica escolar es principalmente un proceso de atribución de sentido (semiosis) sobre el mundo natural utilizando modelos teóricos escolares (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003). Esos modelos “irreductibles” y los hechos reconstruidos por ellos constituyen la ciencia escolar que se habría de trabajar en el aula” (Paz, et al., 2008) en cambio *“la educación tecnológica busca, por un lado, orientar a los estudiantes al conocimiento y comprensión de este mundo artificial, así como de los objetos que forman parte del mismo, es decir vincularlos activa y reflexivamente con el mundo; y por otro, a desarrollar su capacidad creadora e inducirlos a imaginar soluciones*

viales para los problemas vinculados al mundo artificial que nos rodea. En otras palabras, es una disciplina que enfoca a la tecnología como una forma de pensar y de transformar la realidad.” (Gay & Ferreras, M.A., 1997, pág. 15).

Según Melina Furman (2016) : *"El pensamiento tecnológico comparte con el científico una mirada preguntona y curiosa acerca del mundo, la planificación de estrategias para responder preguntas, la búsqueda de evidencias, la creatividad y el pensamiento analítico, pero tiene una diferencia importante con él. En ciencias, de lo que se trata es de conocer cosas que no sabemos acerca de cómo funciona el mundo, de responder preguntas que nos dan intriga, de buscar respuestas para entender mejor lo que sucede. En tecnología, si bien esta mirada investigadora está presente, el objetivo principal no es comprender, sino resolver problemas"...*"Los educadores en tecnología suelen hablar de un concepto que considero central tanto para la educación científica como para la tecnológica: el de "tinkering", que, aunque no tiene una traducción única, en castellano significa "jugar, manipular, desarmar, hacer lío y tratar de arreglar". Intentando poner en acto esta articulación entre modos de pensar se llevaron a cabo varias experiencias pedagógicas, entre estas podemos dar cuenta de la construcción de papers por medio de la planificación y la realización de diseños experimentales y la realización de actividades científico-tecnológicas en el marco de la formación de un club de astronomía para principiantes.

A partir de las experiencias logradas y los marcos teóricos hasta aquí expuestos, la propuesta didáctica que se presenta consiste en desarrollar una didáctica de las ciencias naturales y la tecnología que, partiendo del desarrollo de proyectos de indagación escolar (Dewey (1910) articule saberes de estos campos. *"De acuerdo con Neve (2003), la obra de Dewey, en particular el texto Experiencia y educación (1938/1997), es la raíz intelectual de muchas propuestas actuales de cognición situada. Recuérdese que para Dewey "toda auténtica educación se efectúa mediante la experiencia" (p. 22) y que una situación educativa es resultado de la interacción entre las condiciones objetivas del medio social y las características internas del que aprende, con énfasis en una educación que desarrolle las capacidades reflexivas y el pensamiento, el deseo de seguir aprendiendo y los ideales democrático y humanitario. Para Dewey, el aprendizaje experiencial es activo y genera cambios en la persona y en su entorno, no sólo va "al interior del cuerpo y alma" del que aprende, sino que utiliza y transforma los ambientes físicos y sociales para extraer lo que contribuya a experiencias valiosas y establecer un fuerte vínculo entre el aula y la comunidad."* (Díaz Barriga, 2003)

Según Sanmartí y Márquez (2017) “Cuando se habla de un “aprendizaje basado en proyectos”, actualmente se está hablando de metodologías muy diversas, aunque todas tienen algunos rasgos comunes (Sanmartí, 2016; Thomas, 2000). Algunos de los más relevantes se relacionan con que:

- a) Se parte del estudio de alguna situación o problema contextualizado.
- b) Se “investiga” para dar respuesta a preguntas, dudas o retos, iniciales o que van surgiendo a lo largo de la realización del proyecto.
- c) Se aprenden, a partir del contexto y en respuesta a preguntas, conocimientos clave y transferibles a la interpretación y actuación en otros contextos.
- d) Se incluyen contenidos y evaluaciones auténticas, con objetivos didácticos específicos.
- e) Se da a los alumnos la oportunidad de trabajar relativamente autónomamente por periodos de tiempo extensos.
- f) El profesor facilita pero no dirige.
- g) Se trabaja en grupos heterogéneos, y se promueve el aprendizaje cooperativo y la reflexión.
- h) Se utilizan herramientas para aprender de manera interactiva, promoviendo el uso de tecnologías digitales (cognitivas).
- i) Se finaliza con alguna acción en el entorno que planifican los propios estudiantes”. (Sanmartí & Márquez, 2017. p.6).

La enseñanza estructurada en la articulación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la realización de indagaciones científico escolares (ICE) no es una propuesta nueva ni novedosa, de hecho la UNESCO daba cuenta de la riqueza de esta posibilidad a través de la presentación del Manual para el fomento de las Actividades Científico Tecnológicas Juveniles (1984), actualmente llevamos cinco años implementando algunas de las propuestas allí plasmadas, tal como lo han hecho otros actores de la comunidad educativa (Llorente et al., 2017). Intentando alejarnos de una didáctica que descontextualice saberes y los proponga como conocimiento repetitivo esta modalidad de enseñanza concentra su atención en diseñar proyectos de indagación que, por medio de la planificación, el desarrollo y la comunicación de una indagación científico tecnológica escolar le permita a los aprendientes utilizar modelos científicos para, en la medida de lo posible, intervenir activamente en el medio que los rodea proponiendo o realizando

intervenciones planificadas. A través de los aportes del socio constructivismo y del constructivismo⁶ se propone estructurar propuestas pedagógicas que pongan al conjunto de aprendientes como figuras centrales de proceso. Entendemos que la acción y el compromiso del aprendiente son promotores del aprendizaje, la enseñanza de las ciencias estructuradas en función de un aprendizaje que permita la aplicación de lo aprendido en entornos cercanos por medio del uso de modos de pensar propios de la ciencia y la tecnología es el objetivo central. *“Posiblemente el futuro pasará por la combinación de los dos tipos de propuestas, la orientada a la construcción del modelo teórico y la orientada a su instrumentalización, a partir de combinar actividades que potencien las dos perspectivas (Domènech, 2017). Y ello tiene que ver con la discusión sobre finalidad de los aprendizajes en el marco escolar.”* (Sanmartí & Márquez, 2017, p.8) Retomando la idea de Sanmartí y Márquez (2017) y preocupados por la necesidad de enriquecer formas de pensar relacionadas con las ciencias exactas en general y con las ciencias naturales y la tecnología en particular adherimos a un paradigma que parte de la identificación de problemas y avanza hacia la búsqueda de soluciones creativas, según Melina Furman (2016) *“en la niñez, estas dos miradas del mundo, científica y tecnológica (o “ingenieril”), convergen todo el tiempo. Las investigaciones muestran que los niños, cuando experimentan, muchas veces intentan producir un efecto o un resultado y ver si algo funciona, en lugar de testear una idea para ver si es correcta y comprender lo que sucede (Zimmermann, 2007). En general, los chicos experimentan más como ingenieros que como científicos. Pero ambos objetivos se entremezclan en forma continua, sin que sean del todo conscientes de ello”,* pensar para poner a prueba ideas y respuestas a problemas planteados es el objetivo que compartimos, enseñar a planificar qué hacer, diseñar planes de acción, construir modelos, valerse de artificios científicos para recolectar, tabular y graficar datos, leer sobre historia de la ciencia y la tecnología, aprender cómo otros han resuelto el problema que se nos presenta o conjugar ideas inventadas por otros actores es un parte de lo que implica este programa.

Para enriquecer nuestras estrategias partiremos de las propuestas realizadas por el programa STEAM, un programa internacional de educación que pone el acento en la articulación de los campos de conocimientos de las ciencias naturales, la tecnología, la ingeniería, el arte y la matemática haciendo hincapié en la necesidad de solucionar problemas tecnológicos y medioambientales a través de la alfabetización

⁶ Según Mercé Izquierdo (2001), el constructivismo “constituye un programa de trabajo fundamentado en la ciencia cognitiva, en un modelo de ciencia moderno que tiene en cuenta las interacciones CTS y las nuevas concepciones de la lingüística y de la semiótica, y en un modelo de aula en el que se combinan la autorregulación y la interacción social.”

científico-tecnológica. El acrónimo STEM (sin la "A"), fue el primero que surgió, lo hizo en la década de 1990 en documentos de la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos. Se suele utilizar como un nombre genérico para describir cualquier política, programa o práctica que involucre a una o varias de estas disciplinas. De las cuatro disciplinas originales, la ingeniería es el componente más nuevo y menos desarrollado en la educación. En años recientes, se ha enfatizado la necesidad de incluir la "A" de Artes (aunque algunos sugieren que representa a "todas las demás disciplinas"), transformando el enfoque STEM en STEAM. Diversos informes internacionales (European Commission, 2007; National Research Council, 2012; Hazelkorn et al., 2015) han insistido en la necesidad de cambiar la enseñanza tradicional hacia estos enfoques integrados para desarrollar la competencia científica y resolver problemas del mundo real. Actualmente, además de las disciplinas tradicionales, se está integrando la programación computacional y la robótica dentro de este marco educativo por su potencial para desarrollar el pensamiento lógico y computacional. El objetivo final de esta evolución histórica consiste en preparar a los/as estudiantes para los desafíos del siglo XXI, promoviendo habilidades como el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación efectiva. En Argentina, el nuevo Diseño Curricular de Nivel Primario lanzado por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2025), enmarcado en la política del Plan Integral de Educación Digital incorpora educación STEAM y el Gobierno de la Provincia de Córdoba está implementando un programa de transformación educativa que utiliza el modelo "STEAM Ampliado". Desde 2024, el Programa Nacional de Ferias de Ciencias y Tecnología propone un enfoque pedagógico para el desarrollo de las Ferias de Ciencias basada en la estrategia "STEAM Situada", adaptada a los niveles y modalidades educativas, y al contexto de la escuela/comunidad donde se genera cada proyecto desde la primera instancia ferial. Esta estrategia enriquece y potencia los aprendizajes a través de proyectos que integran contenidos de Ciencias (Naturales y Sociales), Tecnología, Artes y Matemática, y proponen para todos esos proyectos, como foco transversal, el eje de Lengua y Prácticas del Lenguaje, en consonancia con el documento "Compromiso Federal por la Alfabetización" (Consejo Federal de Educación, 2024). Para el programa de Ferias de Ciencias, el enfoque STEAM consiste en un conjunto de didácticas singulares e innovadoras que prioriza la actividad de los estudiantes de modo interdisciplinario por medio de la resolución de problemas basados en el planteo y desarrollo de múltiples y variados proyectos de aula.

Lo que nos interesa en este escrito, en el contexto de desarrollo rionegrino, es tomar del paradigma STEAM las experiencias educativas relacionadas con: el diseño, la realización y la evaluación de proyectos escolares interdisciplinarios. Si bien no sabemos, por el momento, si se adoptará un modelo de STEAM Ampliado, STEAM Situado u otro en la reelaboración de los nuevos Diseños Curriculares, de lo que podemos estar seguros es que, en el futuro próximo cercano, lo que se nos irá solicitando es que promovamos el desarrollo de proyectos en los que se relacione más de una disciplina escolar, tal como ya lo tienen las últimas versiones de los nuevos Diseños Curriculares de Nivel Inicial y de Nivel Secundario de la Provincia de Río Negro.

De la teoría a la acción: Ingeniería didáctica entre fenómenos naturales, artefactos y artificios

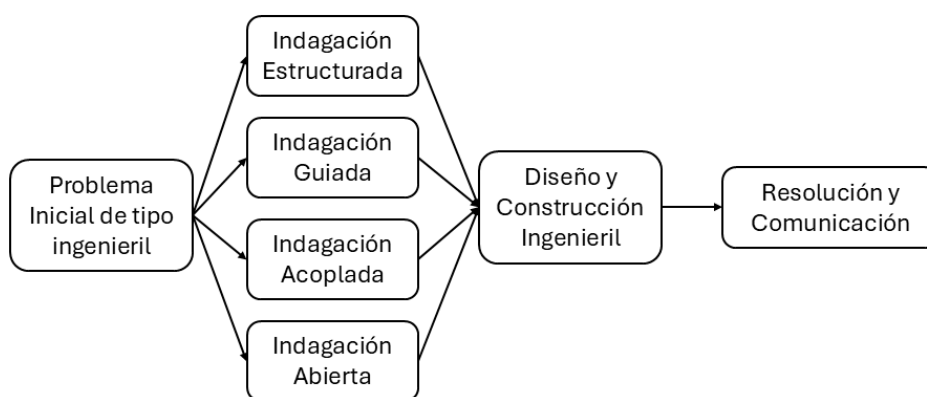
Hasta aquí se han expuesto los marcos teóricos que dan sustento a las decisiones que se tomaron en pos de llevar adelante una ingeniería didáctica que promueva la construcción de planificaciones interdisciplinarias en el ámbito de la formación docente. La explicitación de los/as autores/as de referencia citados/as en las dimensiones epistemológica, cognitiva y didáctica no busca mostrar una lista acabada ni cristalizada de ideas sino que, muy por el contrario, busca comunicar que las ideas del pasado y del presente se pueden conjugar para dar fundamento teórico al hacer en el terreno. Ver las fechas de las citas teóricas que se han expuesto hasta aquí permite comprender que la historia de las ciencias y la tecnología no comenzó hace poco y que el presente, hoy más que nunca, requiere mirar hacia el pasado para comprender que no siempre estamos creando algo nuevo sino que estamos volviendo a recrear ideas para comprenderlas con nuevos aportes de la actualidad. Somos sujetos situados que buscamos en el pasado para enriquecer una identidad que evoluciona constantemente en el presente.

Al momento de llevar una propuesta al aula, no todo lo que se sabe se aplica y no todo lo que se estudia ingresa al campo... existan adecuaciones y recortes que es necesario realizar para que, al momento de presentar una propuesta de aula, la misma sea clara, coherente y consistente con nuestros marcos teóricos. En el marco de este recorte es que, a continuación se presentarán algunos casos de planificaciones logradas por estudiantes de nivel superior durante el cursado de la unidad curricular “Ciencias Naturales y su didáctica III” en el Profesorado de Nivel Primario partiendo de un modelo simplificado. En este modelo, las planificaciones logradas durante los ciclos 2024, 2025 y 2026 siguieron un patrón común, comenzaron por plantear un problema de tipo ingenieril

que permitió orientar la finalidad de la propuesta ya que ese “producto final buscado” se transformó en el orientador general del proyecto.

Así, queda planteada una propuesta que va “desde atrás hacia adelante” siguiendo el camino inverso que proponen Melina Furman y Gabriel Gellon (2009). Una vez construido el problema inicial de tipo ingenieril, quien planifica debió decidir en función del grupo destinatario (enseñanza situada), qué tipo de indagación habilitaría teniendo en cuenta que no es lo mismo enseñar a indagar a grupos que ya tienen experiencia en este proceso que a quienes no la tienen y, considerando la edad, las características del grupo, el lugar en donde se realizaría y los recursos que se dispondrían se toman decisiones didácticas optando por llevar adelante una indagación que podría ser de tipo tradicional estructurada (aquí cada docente es protagonista y guía el 100% del proceso), una guiada (el/la docente cede una parte del proceso a los/as estudiantes, ayuda a desarrollar investigaciones. Generalmente, el maestro elige la pregunta para la investigación y, a veces, también el diseño de los experimentos. Podríamos decir que un 75% pertenece al docente y un 25% es creación de los/as estudiantes); una acoplada (combina una indagación guiada con una indagación abierta. 50% es realizado por el/la docente y un 50% es realizado por los/as estudiantes) o una abierta (aquí el/la estudiante es más protagonista. Es centrada en el/la alumno/a, este proceso comienza con preguntas formuladas por los/as estudiantes, quienes también se encargan de diseñar, conducir y comunicar los resultados; buscan dar respuestas a sus propias preguntas).

Figura 1. Representación del proceso de planificación interdisciplinario



Una vez tomada la decisión con respecto a qué tipo de indagación se propiciará, el plan habilita un momento para culminar de diseñar y construir una posible solución al problema ingenieril planteado al inicio para, finalmente, resolver y comunicar lo vivido durante la

realización del proyecto (Aprendizaje Basado en Proyectos). Esquemáticamente podríamos representar el proceso de la siguiente forma:

A partir de vivenciar este recorrido, las y los estudiantes de la formación docente fueron construyendo diversas propuestas de aula para el nivel primario. De entre todas las planificaciones logradas se han seleccionado dos para ilustrar brevemente los productos logrados.

La propuesta didáctica “Detectives de pañales” elaborada por la estudiante Karina Vásquez (2024) se sitúa en las aulas de primer grado de la Escuela N.º 25 de Lamarque, en la provincia de Río Negro, para abordar la problemática socioambiental del consumo desmedido de pañales descartables. Alineada con el Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 12 sobre producción y consumo responsable, la experiencia invita a los niños y niñas de Primer Grado a asumir el rol de “Detectives de pañales”. Desde esta perspectiva lúdica e investigativa, los/as estudiantes exploran las propiedades de los materiales y los cambios de estado sólido y líquido mediante el desarme de los pañales, ensayos de absorción con fluidos y geles, y la comparación entre diversas marcas y la recolección de información oral sobre el pasado o “la historia de los pañales” como productos artificiales. El recorrido culmina con el diseño y la confección de un prototipo de pañal ecológico reutilizable, acompañado por la elaboración de afiches concientizadores para la comunidad. En su trama metodológica, la secuencia recupera el modelo de la ciencia como proceso y producto formulado por Furman y De Podestá (2009), posicionando la indagación guiada en el centro de la escena escolar mediante preguntas investigables y experiencias de exploración directa que respetan el desarrollo infantil a través del registro gráfico y la observación oral. Asimismo, la propuesta realiza un tratamiento explícito de los obstáculos epistemológicos conceptualizados por Bachelard y Sanmartí, trabajando sobre las concepciones previas de las infancias —que suelen asociar todo líquido al agua y lo sólido únicamente a objetos rígidos— mediante instancias de explicitación y reestructuración de ideas que permiten avanzar hacia hipótesis de progresión más complejas. Finalmente, el itinerario se consolida desde un enfoque STEAM al articular de forma orgánica la indagación científica, los procesos de ingeniería infantil presentes en la fabricación del prototipo reutilizable y la dimensión artística volcada en la comunicación visual y el diseño del producto.

Diseñada para las aulas de quinto grado de la Escuela N.º 78 de Coronel Belisle, la propuesta “Cubitos Ecoamigables” elaborada por la estudiante Julieta Vincenty (2024), parte de un problema ambiental del entorno socio-productivo local: el desperdicio recurrente de cubitos de hielo en locales gastronómicos y cafeterías de la zona. A lo largo de once clases, los/as estudiantes indagan sobre la eficiencia del agua, exploran modelos de riego por goteo —tomando como referencia experiencias internacionales como la de Israel— y asumen el desafío de diseñar, construir y poner a prueba prototipos elaborados con materiales reciclados. La secuencia se profundiza mediante ensayos fisicoquímicos sobre la calidad del agua a través de tiras reactivas de pH y microscopía, la integración del fenómeno con las dinámicas del ciclo hidrológico y la elaboración final de un informe científico formal junto con una producción audiovisual para su comunicación en la Feria de Ciencias. Desde el punto de vista didáctico, la planificación se apoya en los principios de la enseñanza situada y del aprendizaje profundo propuestos por Díaz Barriga (2003) y Furman (2016), articulando la secuencia “desde el final de la película”, es decir, orientando cada fase de indagación hacia las metas evaluativas concretas del informe académico y la presentación en la feria. Asimismo, la propuesta se inscribe en la cultura *maker* y la metodología STEM descrita por Martínez y Stager (2019), promoviendo el pensamiento de diseño e ingeniería a través de la producción de bocetos, las pruebas empíricas de derretimiento de cubitos, la evaluación de costos y factibilidad, y la optimización estética y funcional de los artefactos. Todo este recorrido se sostiene sobre una marcada rigurosidad investigativa que incluye el control sistemático de variables independientes, dependientes y de control, la formulación de hipótesis en formato condicional y la superación de visiones estáticas del ciclo del agua, logrando conectar de manera orgánica los procesos físicos terrestres con la biósfera y las decisiones de la acción humana.

Para concluir

La construcción de una ingeniería didáctica que promueva la alfabetización científica y tecnológica en la Formación Docente Inicial implica trascender la mera prescripción curricular para situar a los/as futuros/as enseñantes en el rol de profesionales reflexivos e intelectuales transformativos (Giroux, 1990). A lo largo de este escrito se ha fundamentado cómo la articulación de las dimensiones epistemológica, cognitiva y didáctica (Artigue, 1995) permite estructurar un modelo de diseño de clases capaz de

operar en el ámbito de la complejidad, superando la ilusión de un método único y universal de enseñanza heredado de la tradición comeniana.

Desde la **dimensión epistemológica**, la incorporación de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) permite dismantelar visiones dogmáticas, lineales y neutrales del conocimiento escolar. Al entender que la ciencia y la tecnología son construcciones históricas, sociales y dialécticas (Vázquez-Alonso et al., 2015), los futuros docentes comprenden que enseñar ciencias no es transmitir verdades acabadas, sino guiar la atribución de sentido sobre el mundo natural mediante la creación y apropiación de modelos teóricos e invenciones humanas: los *artifícios científicos* (Tignanelli, 2012). En este marco, la tecnología deja de concebirse como una mera herramienta instrumental o "ciencia aplicada" para asumirse como un sistema técnico complejo (Quintanilla, 2017) y una práctica social saturada de valores culturales y decisiones de diseño (Pacey y Bray, 2021).

En el terreno de la **dimensión cognitiva**, el modelo asume la hipótesis de integración jerárquica (Pozo y Gómez Crespo, 2013), reconociendo que los conceptos científicos y cotidianos no se anulan entre sí, sino que se reestructuran y conectan a través de procesos metacognitivos en función del contexto. La cognición no se produce como un acto aislado dentro del cerebro del individuo; por el contrario, se halla situada (Díaz Barriga, 2003) y distribuida en el entorno material, social y simbólico (Pea, 2001; Perkins, 2001). La incorporación de la *acción mediada* (Wertsch, 1999) y la revalorización del aprendizaje social y vicario (Bandura, 1977) demuestran que el dominio de herramientas culturales —desde el cuaderno de campo y los instrumentos de medición hasta los entornos digitales— expande la capacidad perceptiva y vuelve memorable la construcción del saber.

Finalmente, en la **dimensión didáctica**, la integración del Aprendizaje Basado en Proyectos (Dewey, 1910; Sanmartí y Márquez, 2017) con la Indagación Científico-Escolar (Furman y De Podestá, 2009) y la graduación de sus niveles (Toma y Greca, 2016) ofrece una hoja de ruta flexible pero rigurosa. Planificar "de atrás hacia adelante" (Furman y Gellon, 2009) partiendo de un problema de tipo ingenieril orienta el sentido de toda la secuencia didáctica. Las experiencias de aula analizadas —como "*Detectives de pañales*" (Vásquez, 2024) y "*Cubitos Ecoamigables*" (Vincenty, 2024)— ilustran con claridad la potencia de este enfoque:

- Muestran cómo es posible entramar orgánicamente la indagación de la naturaleza con la cultura *maker* (Martínez y Stager, 2019) y la exploración artesanal (*tinkering*).
- Evidencian que la metodología STEAM no es una mera yuxtaposición de materias, sino una didáctica integrada que cobra vida cuando responde a problemáticas socioambientales auténticas de la comunidad local.

Formar docentes capaces de diseñar este tipo de propuestas equivale a dotarlos de una "caja de herramientas" conceptual y metodológica para habitar las aulas del siglo XXI. Se trata, en definitiva, de afianzar una pedagogía de vanguardia (Kap, 2024) que recupere el deseo de saber, promueva la autonomía investigativa y comprometa a las nuevas generaciones en la comprensión reflexiva y la transformación crítica de su propio entorno.

Referencias Bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2009). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 17, 61-74. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/0212-5374/article/view/3902>
- Adúriz Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. FCE.
- Araujo, S. (2008). *Docencia y enseñanza: una introducción a la didáctica* (1.^a ed., 1.^a reimp.). Universidad Nacional de Quilmes.
- Artigue, M. (1995). Ingeniería didáctica. En P. Gómez (Ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática* (pp. 33–59). Una Empresa Docente; Grupo Editorial Iberoamérica.
- Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Baquero, R., & Limón, M. (2014). *Introducción a la psicología del aprendizaje escolar*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Bunge, M. (2000). *La investigación científica: Su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores.
- Burke, K. (1945). *A Grammar of Motives*. New York: Prentice Hall.
- Camilloni, A., Cols, E., Basabe, L., & Freeney, S. (2008). *El saber didáctico* (1^o Reimpresión ed.). Buenos Aires: Paidós.

- Cardwell, D. (1996). *Historia de la tecnología*. Madrid: Alianza.
- Cazau, P. (2013). Una reseña histórica de los diseños experimentales. *Paradigmas*.
- Consejo Federal de Educación. (2024). *Resolución CFE N° 465/24: Compromiso Federal por la Alfabetización – Política Nacional de Alfabetización*.
- Dewey, J. (1910). *How We Think*. Boston: D.C. Heath & Co.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de investigación educativa*, 5(2).
<https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85>
- Díaz Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw-Hill. [Añadir esta referencia que se cita en el resumen].
- Douady, R. (1996). Ingeniería didáctica y evolución de la relación con el saber en las matemáticas de collège-seconde. En E. -D. Barbín, *Enseñanza de las matemáticas: Relación entre saberes, programas y prácticas*. Topiques éditions. Publicación del I.R.E.M.
- Drewes, A. (2008). ¿Cómo han surgido las teorías que enseñamos en ciencias naturales? En L. Galagovsky, *¿Qué tienen de "naturales" las ciencias naturales: las ciencias naturales y su enseñanza* (págs. 29-35). Biblos.
- European Commission. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Furman, M., & Gellon, G. (2009). Clase 9: El camino inverso: diseño de clases de atrás hacia adelante. En *Enseñanza de las Ciencias [Curso virtual]*. FLACSO Virtu
- Furman, M., & De Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Aique Grupo Editor.
- Furman, M. (2016). *Educación de mentes curiosas: La formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia: Documento básico, XI Foro Latinoamericano de Educación* (1a ed. compendiada). Santillana.
- Gay, A., & Ferreras, M.A. (1997). *La educación tecnológica. Aportes para su implementación*. Buenos Aires.: Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. Pro Ciencia Conicet.
- Gellon, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M., & Golombek, D. (2011). *La ciencia en el aula: Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Paidós.



- Gentiletti, M. (2012). *Construcción colaborativa de conocimientos integrados. Aportes de la psicología cultural en las prácticas de la enseñanza*. Buenos Aires: Novedades Educativas.
- Giroux, H. (1990). *Los profesores como intelectuales*. Barcelona: Paidós.
- Greca, I. M., Meneses Villagrà, J. Á., & Adúriz-Bravo, A. (2018). *Proyectos STEAM para la educación primaria: fundamentos y aplicaciones prácticas*. Dextra Editorial.
- González García, M. I., Luján López, J. L., & López Cerezo, J. A. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Tecnos.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., Pintó Casulleras, R., & Welzel-Breuer, M. (2015). *Science education for responsible citizenship*. European Commission.
- Hughes, T. P. (1983). *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Izquierdo i Aymerich, M., Sanmartí Puig, N., & Espinet Blanch, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas*, 17(1), 45–59. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4104>
- Izquierdo i Aymerich, M. (2001). Constructivismo versus Socioconstructivismo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(3), 239-242.
- Izquierdo i Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27–43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- Jorba, J. (2000). *Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis S.A.
- Kap, M. (2024). *Vanguardias Didácticas: prácticas de enseñanza indisciplinada en la educación superior*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Prometeo.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Llorente, I., Ruiz Vivar, N., Serra i Salamé, C., Domènech Casal, J., Selga, I., & Domènech, X. (2017). Un congreso científico en secundaria: articulando el aprendizaje basado en proyectos y la indagación científica. *Investigación en la escuela*, (91), 72-89.

-
- Martínez, S. L., & Stager, G. (2019). *Inventar para aprender: Guía práctica para instalar la cultura maker en el aula* (L. T. A. Fernández, Trad.). Siglo XXI Editores. (Obra original publicada en 2013)
- Meinardi, E., Adúriz-Bravo, A., Morales, L., & Bonan, L. (2002). El modelo de ciencia escolar. Una propuesta de la didáctica de las ciencias naturales para articular la normativa educacional y la realidad del aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(1), 13-21.
- Monarca, H. (2011). El Pensamiento Didáctico. *Tendencias Pedagógicas*, 103-115.
- Monsalve, C. (2001). Los aportes de una cultura basada en la tecnología. *Novedades Educativas*, 121.
- Monsalve, C. (2014). Aportes para la construcción de la comunicación científica en la formación de docentes de nivel primario. *Congreso Iberoamericano de ciencia, tecnología, innovación y educación*. Buenos Aires: OEI.
- Monsalve, C. (2014). Estrategias para sostener un Club de Astronomía para principiantes como medio de divulgación de la ciencia y la tecnología. *Congreso Iberoamericano de ciencia, tecnología, innovación y educación*. Buenos Aires: OEI.
- Monsalve, C., Pintos, J.C., & Diez, O. (1999). El mecano sin tornillos... del resorte a la UCT. *III Congreso Internacional de (Tele) Informática Educativa y II Foro regional de Tecnología*. Santa Fe.
- Monsalve, C., & Pintos, J.C. (2000). Definiendo máquinas y mecanismos. *Novedades Educativas*, N° 110.
- Monsalve, C., & Pintos, J.C. (2003). La tecnología y sus modelizaciones. En Marchisio, A. y Pintos, J.C. (2003) *Educación Tecnológica. Trabajos de enseñanza y aprendizaje*. General Roca: Publifadecs.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Osorio, C. (2002). Enfoques sobre la tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2.
- Pacey, A., & Bray, F. (2021). *Technology in world civilization: A thousand-year history* (Revised and expanded ed.). The MIT Press.

- Paz, V., Márquez, C., & Adúriz-Bravo, A. (2008). Análisis de una actividad científica escolar diseñada para enseñar qué hacen los científicos y la función de nutrición en el modelo de ser vivo. *Latinoam. Estud. Educ.*, 11-27.
- Pea, R. (2001). Prácticas de inteligencia distribuida y diseños para la educación. En G. Salomon (Ed.), *Cogniciones distribuidas: Consideraciones psicológicas y educativas* (págs. 75-110). Amorrortu.
- Perkins, D. (2001). La persona-más: una visión distribuida del pensamiento y el aprendizaje. En G. Salomon (Ed.), *Cogniciones distribuidas: Consideraciones psicológicas y educativas* (págs. 111-134). Amorrortu.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. A. (2006). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Morata.
- Quintanilla, M. A. (2017). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología* (2ª ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Sanmartí, N. (2016). Trabajo por proyectos: ¿Filosofía o metodología? *Cuadernos de Pedagogía*, 472, 1-6.
- Sanmartí Puig, N., & Márquez Bargalló, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: Del contexto a la acción. *Revista de Investigación en Educación Científica*, 1(1), 3–16. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Simon, H. A. (2006). *Las ciencias de lo artificial* (P. Noriega, Trad.). Comares (Obra original publicada en 1996).
- Tignanelli, H. (2012). *Propuestas para la enseñanza en el área de ciencias naturales*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. The Autodesk Foundation. https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf
- Toma, R. B., & Greca, I. M. (2016). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria. En *La enseñanza de las ciencias en el actual contexto educativo* (pp. 391-396). Educación Editora.
- Vásquez, K. (2024). *Detectives de pañales* [Planificación didáctica inédita]. Profesorado de Nivel Primario, Ciencias Naturales y su didáctica III.
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A., & Bennáscar-Roig, A. (2015). La enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y tecnología (EANCYT):



una investigación experimental con perspectiva latina. *Interacções*, 11(34), 8–34.

<https://doi.org/10.25755/int.6922>

- Vincenty, J. (2024). *Cubitos ecoamigables* [Planificación didáctica inédita]. Profesorado de Nivel Primario, Ciencias Naturales y su didáctica III.
- Wertsch, J. V. (1999). *La mente en acción*. Aique Grupo Editor.