



# INTERDISCIPLINA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA – CARACTERÍSTICAS GENUINAS DE LA PRÁCTICA INTERDISCIPLINAR ACADÉMICA

*INTERDISCIPLINARITY IN MATHEMATICS EDUCATION – GENUINE FEATURES OF  
ACADEMIC INTERDISCIPLINARY PRACTICE*

Jaime Huincahue  
jaime.huincahue.a@gmail.com  
*Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule,  
Universidad Católica del Maule, Talca, Chile*

## RESUMEN

Cuando el propósito de la Educación Matemática se vierte hacia el enriquecimiento de la comprensión de la realidad, los esfuerzos por innovar invitan a reconocer a la matemática más allá de su sentido tradicional y abstracto, estableciendo objetivos que crucen límites disciplinares para justamente entender y explicar la realidad del estudiante, y por ello, modelar entornos de interés. Este artículo sitúa como problemática central la búsqueda de componentes que caractericen lo que significa una tarea interdisciplinaria cuando el problema requiere de modelos matemáticos para su realización en entornos genuinos. Para ello, se analiza un escenario en donde surgen modelos matemáticos, como es el trabajo interdisciplinario entre modeladores matemáticos y especialistas en otras disciplinas de contexto. Mediante un enfoque cualitativo se analizan seminarios del área durante dos semestres, identificando como resultados la existencia de componentes necesarios para la realización de prácticas académicas interdisciplinarias, planteando como discusión la coherente intersección entre tales componentes identificados y las características de las tareas iniciales.

## PALABRAS CLAVE:

*Modelación matemática, Interdisciplina, Modeladores matemáticos.*

## ABSTRACT

When the purpose of Mathematics Education is to enrich the understanding of reality, efforts to innovate invite us to recognize mathematics beyond its traditional and abstract sense, establishing objectives that cross disciplinary boundaries to understand and explain the student's reality and, therefore, model environments of interest. This article establishes as the central problem the search for components that characterize what an interdisciplinary task means when the problem requires mathematical models for its realization in genuine environments. To this end, a scenario is analyzed in which mathematical models emerge, such as interdisciplinary work between mathematical modellers and specialists in other disciplines in context. Using a qualitative approach, seminars in the area were analyzed over two semesters, identifying as results the existence of components necessary for the realization of interdisciplinary academic practices, and discussing the coherent intersection between such identified components and the characteristics of the initial tasks.

## KEYWORDS:

*Mathematical modelling, Interdisciplinarity,  
Mathematical modellers.*

## 1. Introducción<sup>1</sup>

La literatura sobre modelación matemática en investigación educativa es extensa. Las comunidades de investigación en el mundo han logrado evidenciar avances y resultados de interés en el aprendizaje del modelar, como así también en sus formas de enseñanza en todos los niveles de escolaridad. Los distintos estados de desarrollo de las líneas de investigación trazadas en la literatura (p. ej. Arrieta y Díaz, 2016; Stillman y Brown, 2019) invitan a difundir resultados de interés y conocer distintas formas de entender la actividad de modelar, pero además, a querer innovar y explorar en problemáticas que puedan atender el contexto social y cultural, y cómo podríamos contribuir a demandas actuales para la gente.

Una forma de orientar tales problemáticas en los niveles obligatorios en Chile es considerar lo que nos propone el actual currículo nacional, destacando que uno de los propósitos de las matemáticas es enriquecer la comprensión de la realidad del estudiante (Ministerio de Educación, 2021). Esta posición curricular muestra una valoración sobre el camino recorrido en modelación matemática en Chile, desde la consideración de una forma más de construir matemáticas, a transformarse en uno de los propósitos transversales de la Educación Matemática en Chile; además, tal posición expresa una concordancia frente a cómo la actividad educativa de las matemáticas adquiere sentido y forma en el mundo.

Al reflexionar en tal orientación, el papel que juega la realidad en la práctica educativa nos invita a pensar en cómo ciertas situaciones o realidades son propicias para la construcción de conocimiento matemático, como efectivamente sucede en una tarea de modelación. Una manera de observar la realidad es caracterizar un entorno identificable para el saber del estudiante (su realidad), de tal manera que las problemáticas puedan ser comprendidas. Desde el interés de esta investigación, se valoran los escenarios interdisciplinarios como una expresión de la realidad y como una fuente fecunda para las prácticas educativas, en donde la matemática puesta en uso refleja una visión distinta a la tradicional y abstracta noción de las ideas y modelos matemáticos, dando un sentido y un significado al saber. De esta manera, los modelos matemáticos subyacentes pueden expresar mayormente su potencial en el diálogo interdisciplinario, permitiendo cambiar la perspectiva de la Educación

Matemática hacia la amplitud y profundización de la comprensión del contenido matemático por distintas disciplinas, ampliando las redes de conocimiento y la valoración por parte del estudiante de las ideas matemáticas en entornos significativos para ellos (Borromeo-Ferri, 2019).

Por otra parte, se destaca que no se pretende desvalorizar en ningún sentido a la abstracción como una característica esencial de las matemáticas, ya que el disfrute de las matemáticas puras, abstractas y sin necesidad de un contexto efectivamente existe y habita en parte de los estudiantes. Sin embargo, para pensar en una Educación Matemática para todos, es necesario integrar tanto la visión tradicional de las matemáticas y los usos del conocimiento matemático, de una manera recíproca y horizontal. Esta visión no se trata de un fenómeno de adherencia al discurso matemático escolar (Cordero et al., 2015), sino que de integración respecto a las distintas preferencias que cohabitan en el aula de matemáticas (p. ej. en Huincahue et al. [2021] se muestra la pluralidad de preferencias que suceden en las aulas chilenas). Por ello, el presente escrito es una invitación a un enfoque de usos de los modelos matemáticos mediante situaciones interdisciplinarias, en donde el sentido de la matemática no se centra en la abstracción, sino que en la comprensión de la realidad del estudiante. De esta forma, existe una doble postura en lo que se puede entender por aprendizaje de las matemáticas: por una parte, la visión tradicional tiene una valoración importante y debe ser considerada como una matemática para el aprendizaje, y por otra, es necesario dar un enfoque de oposición a la visión tradicional para reconocer otros tipos de usos del conocimiento matemático. De esta manera, el enfoque tradicional y los usos del conocimiento matemático se espera que sucedan integradamente en el aprendizaje del estudiante; ello, con la finalidad de que más estudiantes puedan acceder a la práctica educativa del profesor de Matemáticas y logren construir conocimiento matemático desde distintos escenarios que ofrezcan mayores alternativas de aprendizaje en el aula.

Dicho lo anterior, la investigación desarrollada habita en cómo entender tal funcionalidad del conocimiento matemático, pero desde entornos genuinos en donde se abordan problemas reales e interdisciplinarios, cuyas expresiones de solución son vía modelos matemáticos. Tales espacios genuinos son posibles de identificar en las universidades o centros de investigación en Chile.

---

<sup>1</sup> Este texto tiene origen en la conferencia plenaria dictada en las XXV Jornadas Nacionales de Educación Matemática de Chile, realizada en diciembre de 2021. Una versión corta aparece en las actas de las jornadas (Huincahue, 2021).

Para esta investigación evocaremos entornos entre académicos investigadores que desarrollan proyectos de investigación relacionados a problemáticas territoriales, como son los problemas del riego agrícola y su optimización en épocas de sequía, o la operacionalización del transporte en una ciudad o la predicción de fenómenos ecológicos. Estos problemas poseen una naturaleza orgánicamente interdisciplinar, genuina, en donde los modelos matemáticos ofrecen un razonamiento lógico e hipotético deductivo, que en distintos grupos y comunidades son valoradas para integrarse en su práctica académica. Concordando con Frejd y Bergsten (2018), tales prácticas son la *raison d'être* de la modelación matemática y, por lo tanto, de la educación matemática interdisciplinar. Dicho lo anterior, una pregunta que orienta la presente investigación es: **¿Cómo es la práctica académica en problemas y grupos interdisciplinares que son atendidos con modelos matemáticos?**, y de forma más específica: **¿Cómo se construyen tales modelos matemáticos?** Atender tales preguntas, invitará a describir teóricamente el modelar matemáticamente, además de discutir la relevancia de tal descripción para el estudio de la modelación matemática en educación, centrando en esta área la innovación del presente estudio.

## 2. Marco conceptual

Usualmente, tratar una educación matemática interdisciplinar acarrea una serie de desafíos educativos para los profesores, como por ejemplo los tipos de tareas, ya sean enmarcadas en tareas con un inicio y un fin en una sesión de clase, o proyectos que se desarrollan en un tiempo prolongado. Existen argumentos para ambos bandos sobre los beneficios o dificultades de implementar proyectos de largo aliento, y uno de ellos que se propone regularmente es la dificultad curricular de ser implementado, argumentando que no hay tiempos para ello. Sin embargo, esta dificultad va en contra de buscar entornos diversos para la atención de los Resultados de Aprendizaje esperados; además, técnicas o metodologías como Aprendizaje Basado en Proyectos (Flores-Fuentes y Juárez-Ruiz, 2017), o actividades del tipo STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics [Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas]) (Aravena et al., 2020) poseen como motor esencial aspectos como la reflexión, la metacognición y momentos de *feedback*, tanto del profesor como de otras fuentes externas de conocimiento, lo que implica en muchas ocasiones la continuidad de actividades en periodos de más de una clase. Tales metodologías poseen importantes resultados y, por lo tanto, las propuestas didácticas como proyectos de innovación que pueden durar una

o más sesiones de trabajo son entornos propicios para la construcción del saber matemático.

Otro desafío es ser capaz, como profesor de Matemáticas, de dialogar con otras disciplinas y con sus profesores/as representantes en una comunidad educativa, que en ocasiones derivan en escenarios que definen problemas de otra disciplina en donde las matemáticas brindan desarrollo de conocimiento, tanto para las matemáticas como para la resolución del problema en juego. Estos entornos traen consigo desarrollo de alcances matemáticos –que muchas veces son expresados por modelos matemáticos–, en donde los significados ocupan un lugar determinado en la disciplina de contexto y son fuente de estudio el cómo se producen los procesos de transposición del conocimiento matemático (Stillman, 2019) entre la práctica interdisciplinar del aula y la práctica interdisciplinar académica.

### 2.1 La práctica interdisciplinar en entornos académicos

La principal fuente para comprender cómo sucede la práctica interdisciplinar es justamente a partir de comprender cómo grupos y comunidades enfrentan problemas de tal naturaleza. Personas que trabajan en áreas como la ingeniería, ecología o agronomía y que se vinculan con modeladores matemáticos, son grupos de desarrollo científico y tecnológico que utilizan y/o construyen modelos desde necesidades presentes en sus respectivas áreas, siendo tales escenarios buenos representantes de lo que significa una práctica interdisciplinar. Continuando el lenguaje de la literatura, nombraré a tales personas como modeladores matemáticos académicos, unos con especialidad en las matemáticas, y otros, especialistas en alguna disciplina de contexto.

Desde la postura de Klein (2013), consideraremos que:

Interdisciplinarity integrates information, data, methods, tools, concepts, or theories from two or more disciplines or bodies of knowledge to address a complex question, problem, topic, or theme. Work may occur individually or in teams, though in the latter case, communication is essential to successful collaboration. (p. 13)

Los equipos interdisciplinarios necesariamente requieren tener relaciones que los unan a partir de una tarea en común, lo que generalmente, equivale a caracterizar y desarrollar un problema u objeto de forma colaborativa. Concordando con Williams et al. (2016), este objeto en común brinda una figura de trabajo recíproco entre las disciplinas, en donde los

procesos de colaboración otorgan una valoración sinérgica a favor del problema u objeto de estudio. Entender de mejor manera cómo suceden las prácticas interdisciplinares en entornos profesionales, permitirá reconocer implicancias educativas que admitan el continuo rediseño de la matemática escolar, sobre todo cuando actualmente se fomenta en los currículos mundiales los entornos interdisciplinares.

## 2.2 Modelos matemáticos

Los modelos matemáticos -y no matemáticos- poseen distintos grados de protagonismo en la educación y desde distintas áreas. En las ciencias básicas, es posible identificar programas de investigación centrados en el aprendizaje de modelos y su enseñanza en la educación del profesor desde las ciencias experimentales (Belzen et al., 2019), reconociendo a los modelos como una impresión representacional de una situación o un organismo en cuestión, caracterizando a los modelos no como un fin en sí mismos, sino que como medios para la creación de sentido (Passmore et al., 2014). Esta situación se diferencia del escenario curricular nacional chileno, ya que los modelos matemáticos pueden ser un objetivo en sí mismos.

En general, los modelos matemáticos tienen la intención de hacer dialogar dos sistemas, comúnmente llamados realidad y matemáticas, los que pueden ser estudiados como sistemas a unir o relacionar. La primera opción ha sido la predominante en la literatura y en los currículos a nivel mundial, es decir, reconocerlos de forma separada para identificar componentes de relevancia en el acto de modelar con el fin de comprender a la actividad educativa en sus dificultades y etapas (Blum y Leiß, 2007; Kaiser, 2005; Lesh y Doerr, 2003). Paralelamente, distintos marcos teóricos en Didáctica de la Matemática han visualizado el modelar como la segunda opción, explorando horizontes emanados desde sus propios fenómenos y problemáticas teóricas, como son los Espacios de Trabajo Matemático (Lagrange et al., 2022) o la Teoría Socioepistemológica (Cordero, 2016).

## 2.3 Modeladores matemáticos en la práctica académica

Cuando no existe una intención educativa, la generación de modelos puede poseer múltiples usos y fuentes, que dependerán de cómo se guía su construcción o manipulación. Para el caso de problemáticas de investigación en entornos académicos, los modelos matemáticos generalmente persiguen comprender algún fenómeno para ser capaz de explicar, describir o predecir alguna situación, en donde el sistema (S) es un entorno, como por ejemplo la ecología, el clima

o la biotecnología, reconociendo un conocimiento integrado de muchas disciplinas y dirigido por una pregunta (P), que con afirmaciones matemáticas (M) es posible de responder. Tal escenario descrito invita a considerar la siguiente definición sobre modelo matemático:

A mathematical model is a triplet (S, P, M) where S is a system, P is a question related to S, and M is a set of mathematical statements  $M = \{ \Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_n \}$  that can be used to answer P. (Velten, 2009, p. 12)

Una forma de describir a las personas que trabajan en modelos matemáticos en la academia es que, usualmente, provienen de diversas especialidades que se vinculan con modelos matemáticos. Para el contexto de este escrito, consideraremos a los modeladores matemáticos como matemáticos que trabajan con modelos; análogamente, los modeladores de la disciplina de contexto son personas que se especializaron en algún área del conocimiento (e. g. Biología, Agronomía, Ingeniería) y que trabajan con modelos. Esta caracterización ya ha sido utilizada en Huincahue y Vilches (2019).

En síntesis, la valoración de este escrito radica en el entender cómo ciertas comunidades cultivan y desarrollan el modelar desde entornos interdisciplinares, además de clarificar cómo, desde una transposición del conocimiento, es posible identificar qué características o componentes sostienen a la práctica interdisciplinar. A partir de esta búsqueda, es que se define y se sitúa la presente investigación, cuyos detalles vienen en la siguiente sección.

## 3. Metodología

Desde un enfoque cualitativo, los usos del conocimiento matemático en tales escenarios serán revelados mediante el uso del Análisis Temático (Braun y Clarke, 2006), con el fin de reconocer los significados que posee la práctica interdisciplinar en escenarios profesionales de modeladores matemáticos. Este marco metodológico usualmente es utilizado en estudios con características exploratorias o descriptivas, lo que es concordante con las preguntas declaradas en la sección 1.

### 3.1 Contexto de la investigación

Los participantes fueron académicos y estudiantes del Doctorado en Modelamiento Matemático Aplicado, programa de postgrado acreditado y único en Chile. El estudio solamente consideró dos líneas de investigación que se desarrollan en el programa,

denominadas Sistemas Ecológicos (S1) y Sistemas Agrónomos y Silvoagropecuarios (S2), funcionando un seminario correspondiente para cada línea de investigación, el que además es parte de la matriz curricular del programa de doctorado.

Ambos seminarios funcionaron periódicamente todo el año 2021, con una duración promedio de 90 minutos aproximadamente cada sesión. Los participantes de S1 fueron dos modeladores matemáticos, tres modeladores de la disciplina de contexto (especialistas en Ecología Evolucionaria, Neuroetología Cognitiva y Ecología) y un/a estudiante. Las personas que conformaron S2 fueron dos modeladores matemáticos, un modelador de la disciplina de contexto (especialista en Biotecnología) y un/a estudiante; la diferencia numérica de participantes radica en los propósitos que los estudiantes presentan como proyectos de investigación, siendo necesario reunir a investigadores que sean próximos a las propuestas que habitan en las líneas de investigación declaradas. En ambos seminarios fue permitida la participación del investigador responsable del presente estudio como observador, con cámara apagada y pudiendo grabar el audio de cada sesión. Así, se recopiló la grabación de las sesiones de cada uno de los seminarios, junto con documentación clave de las actividades, como son los programas clase a clase y el libro curricular (documento que presenta el programa doctoral, describiendo información clave como el perfil de egreso, desarrollo profesional y académico, descripción de líneas de investigación, estructura curricular, actividades curriculares, progresión de competencias, entre otra información). Las grabaciones han sido transcritas, y todos los datos han sido analizados utilizando el software Atlas.ti. Actualmente, los seminarios siguen activos durante el segundo año, por lo que la investigación se presenta en un estado de avance.

La justificación de analizar este entorno académico recae en su propia singularidad sobre cómo sucede la práctica interdisciplinar, práctica que es autodeclarada en su libro curricular e identificado en Huincahue y Vilches (2019) como un entorno interdisciplinar académico, en donde se estudia el mismo programa de doctorado pero con distintos objetivos y fuentes de recopilación de datos; además, se destaca que en los trabajos de Frejd y Bergsten (2016, 2018) también se realizan estudios sobre entornos de modelamiento pero en escenarios profesionales, es decir, escenarios de esta naturaleza son de suficiente interés por sí mismos para las eventuales implicancias educativas por identificar.

La visión del programa doctoral es atender una

problemática de la disciplina de contexto que pueda ser respondido con la construcción y/o uso de modelos matemáticos. Específicamente, el programa tiene especial énfasis en el abordaje de problemáticas con modelos dinámicos; algunas técnicas que son implementadas tienen que ver con ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales, ecuaciones en diferencias o ecuaciones diferenciales impulsivas, exigiendo al proceso de análisis de datos una mirada matemática para entender y comprender los diálogos híbridos. En este sentido, el problema es quién dirige y demanda naturalmente la matemática acorde a atender, priorizando en todo momento el problema y buscando la matemática y el modelo matemático que mejor responde al problema.

### 3.2 Procedimiento

El diseño de análisis inicia, según la descripción esquematizada en Braun y Clarke (2006), por seis fases: 1) familiarización con los datos, 2) generación de códigos iniciales, 3) búsqueda de temas, 4) revisión de temas, 5) definición y nombramiento de temas, y 6) producción del reporte. La primera consistió en la lectura de toda la información, para plantear un primer entendimiento de los conceptos claves de la medida en ambos escenarios. En la segunda fase se realizó una codificación descriptiva, la cual permitió reconocer ciertos códigos de naturaleza más general, generando así potenciales temas. En la fase 3 se llevó a cabo un refinamiento del proceso de codificación, a partir de la búsqueda de patrones asociados a los objetos teóricos que se pretenden caracterizar en la construcción matemática. La fase 4 reunió los análisis de todas las asociaciones de códigos entre dos investigadores en paralelo, para después consensuar códigos discordantes. En este sentido, la fase 4 contempla una revisión entre las fases 1 y 2 para generar una primera versión del mapa temático. La fase 5 es centrada principalmente en el refinamiento del mapa temático, en donde se han generado las definiciones de temas para que el mapa temático represente fielmente a los datos. Finalmente, una expresión de la fase 6 es este escrito.

### 4. Resultados

El proceso de codificación fue orientado hacia la identificación de características que contribuyan a la construcción de modelos matemáticos. Desde una visión inductiva, la emergencia de características evidenciadas en los datos ha permitido establecer características que permitieron llevar a cabo la construcción y refinamiento de los modelos matemáticos que atienden las problemáticas de interés para cada seminario. En el transcurso del

análisis, un foco de interés fue también determinar cuándo la práctica interdisciplinar falla, es decir, qué características obstaculizan el desarrollo de la práctica interdisciplinar en los escenarios descritos anteriormente, sirviendo como una fuente de información interesante para responder a la pregunta de investigación propuesta.

Los hallazgos encontrados en las sesiones de seminario han sido contrastados con los documentos claves de la investigación, como son los programas de clase y el libro curricular, ambos documentos han resultado esenciales para la triangulación de la información identificada. A continuación, se describen los cuatro temas principales que ha determinado el análisis, a

partir de 74 códigos refinados en el procedimiento del análisis temático; posteriormente, se ha preferido identificar a ambas transcripciones de los seminarios como una gran base de datos, principalmente por su similitud en la práctica interdisciplinar, lo que ha implicado eliminar códigos repetidos y tomar decisiones sobre la unión de códigos similares, o bien, la creación de códigos a partir de otros dos. Este segundo proceso de refinamiento ha llevado a definir 41 códigos que expresan cómo es la práctica académica en problemas interdisciplinarios que son atendidos por modelos matemáticos, además de indagar en el proceso de construcción y su uso. El listado definitivo de códigos se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1

Códigos resultantes del análisis del libro curricular y de los Seminario de Sistemas Ecológicos (S1) y Seminario de Sistemas Agrónomos y Silvoagropecuarios (S2)

Fuentes de información	Códigos
Libro curricular y plan clase a clase	Preparación disciplina de contexto, modelo mat – análisis, modelo mat – simulación computacional, modelo mat – características, modelo mat – usos, modelador mat – práctica, modelador mat – habilidades, modelador mat – conocimiento, modelamiento mat. – características, modelamiento mat –caracExtrCtxo, modelamiento mat – caracExtrMat, modelamiento mat – entornos, modelamiento mat – interdisciplina, modelamiento mat – presencia, modelamiento mat. – proceso, modelamiento mat. – validación.
S1 y S2	Necesidad, objeto de estudio, proceso, estrategias de validación, valoración de modelos, trabajo en equipos, rol modelador matemático, rol modelador disciplina, rol estudiante, capacidad de trabajo, egos en el trabajo interdisciplinar, validación computacional, validación simplificación, validación mod. tradicionales, interpretación, retribución DiscCntxtto-debilidades, retribución DiscCntxtto-fortalezas, comunicación recíproca, esfuerzo comunicativo, matemática como metodología, efectos interdisciplinarios-matemática, efectos interdisciplinarios-disciplina de contexto, adecuación de los problemas, cruces disciplinares, valoración de otra disciplina.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.1 Reconocimiento de un problema

Ambos seminarios autodefinieron un primer objetivo: identificar un problema que sea de interés, de tal manera de que el/la estudiante elija qué problema desarrollará durante su proceso de formación doctoral. Esto significó que el problema debía ser de interés científico para la disciplina de contexto (Ecología y Biotecnología), implicando un gran esfuerzo en identificar un estado de arte para cada problema para validar la valoración científica, de tal manera que la problemática de contexto (y su solución) se transforme en un resultado científicamente de interés. En ese sentido, la problemática es puramente interdisciplinar (en el sentido de Klein, 2013), ya que, al tener claridad frente a la problemática, es posible dilucidar que no es posible ser atendida con una disciplina por sí sola; se

requiere de ambos conocimientos para que pueda ser respondido el problema.

(...) la matemática actúa en la metodología del problema, y por eso es importante determinar muy bien qué ha sido publicado y lo que no, para determinar finalmente el problema, tu proyecto. (profesor a estudiante de S2)

En este extracto, el profesor da un cause hacia la forma en cómo la matemática se vincula con el problema, otorgando una característica que debe considerar el estudiante para concretar la problemática a definir. Esta instrucción es concordante con el libro curricular del programa, invitando a identificar de forma muy precisa la problemática a llevar a cabo.

#### 4.2 El querer entender – La intelección en el desarrollo interdisciplinar

La acción de todas las personas involucradas en cada seminario posee un horizonte: el querer y tener la intención de entender el problema y su desarrollo. Esta acción es reflejada en los recíprocos e interesantes interrogatorios entre los modeladores de la disciplina de contexto y los modeladores matemáticos; todos, en conjunto con el/la estudiante, planteaban la intención de querer entender muy bien el problema y cómo era el raciocinio de la otra disciplina:

(...) bueno, hay muchas cosas que todavía tengo que... bueno, leer mucho con respecto a lo del polímero, o sea, las cosas todavía no me quedan tan claras, qué bueno que son más definiciones, cosas que tengo que aprenderme. (estudiante de S2)

De esta forma, la acción intelectual es de relevancia para el desarrollo de la práctica interdisciplinar, reconociendo distinciones en las formas de desarrollo de cada una de ellas. A modo de ejemplo, cada especialista tuvo que aprender sobre cómo eran los procesos metodológicos de la otra disciplina, ya que en una de ellas son esencialmente empíricos, mientras que en la otra poseen un carácter esencialmente hipotético-deductivo.

#### 4.3 Relaciones entre disciplinas

Las formas de orientación de la problemática sitúan inherentemente a las disciplinas, mostrando que las matemáticas quedan al servicio del problema. No existe un conocimiento matemático previo que pretenda ser utilizado antes de entender la problemática; luego de una profunda comprensión de esta, se escoge a un área de las matemáticas para que sea atendida la situación mediante la construcción de modelos matemáticos, ya sean discretos, híbridos o continuos. De esta manera, las relaciones entre las disciplinas invitan a pensar que ninguna de ellas adquiere el protagonismo, sino que el problema es el protagonista de la práctica interdisciplinar, y cada una de las disciplinas aporta para la construcción de modelos matemáticos: la matemática desde una visión esperada, y la disciplina de contexto como un ente validador de las hipótesis que acarrea un modelo matemático.

Cuando la formalidad del modelo es de tipo matemática, entonces el derivar consecuencias es un análisis o proceso deductivo estrictamente lógico. Las conclusiones formales (matemáticas) tienen validez en dicho plano, es decir, como

juicios inferidos desde proposiciones de partida (hipótesis relacionales) supuestamente verdaderas. ¿Son verdaderos estos juicios como conclusiones de la realidad?, esto es, efectos concretos del fenómeno planteado. Aquí la única respuesta posible es: depende, y ¿de qué depende?, pues bien, de la calidad de las hipótesis instaladas al construir del modelo. (Libro curricular, p. 6)

En el libro curricular efectivamente se asignan valoraciones hacia las matemáticas y la realidad (expresada por la línea de contexto) según la problemática, esto quiere decir que las relaciones entre las disciplinas para el correcto funcionamiento de su práctica interdisciplinar académica requieren de un monitoreo de características de relevancia, como lo son los supuestos (o hipótesis) que sostienen la pertinencia de los parámetros que permitan la coherencia de los resultados esperados. En este sentido, las relaciones que suceden entre las disciplinas son de cuidado para la correcta orientación, tanto de la problemática como de su solución.

#### 4.4 Prototipos de modelos

La forma de entender el problema y validar y ajustar las hipótesis vinculadas a los modelos matemáticos es mediante la generación de modelos matemáticos muy simples para atender el problema, con el fin de analizar comportamientos y coherencias en cuanto a la predicción que entregan los modelos, y lo esperado según los estudios empíricos que son sustentados por la disciplina de contexto. Esta característica invita a generar prototipo de modelos, en donde se analizan cuestiones “secundarias” frente a la problemática principal, pero se transforman en la base de toma de decisiones para la construcción de modelos matemáticos.

(...) anula los valores de costo y transferencia [variables que son parte del modelo], para corroborar si primeramente el modelo funciona en ambientes sin competición. Entonces, para la próxima semana debes traer la simulación del comportamiento solo en un estado y ver si se condice con los resultados biológicos, ¿me explico?, para saber si está funcionando esa parte. (Indicación del profesor hacia el estudiante en S1)

En síntesis, el resultado principal de la investigación es el reconocimiento de 4 componentes esenciales que propician el trabajo interdisciplinar en modeladores matemáticos académicos. Estos componentes han sido descritos e identificados en ambos seminarios, logrando identificar rasgos que permitirán obtener

ideas educativas en el marco del proceso de transposición del conocimiento.

## 5. Discusión

Los primeros resultados evidenciados muestran ciertas características que, desde un enfoque educativo, contribuyen a cómo entender y construir tareas en dominios interdisciplinarios. A partir de estos, se puede interpretar que las tareas interdisciplinarias requieren una clara orientación en la problemática de interés, ya que usualmente un problema interdisciplinario no tiene un camino predefinido para ser resuelto, por ello, es necesario que exista una pregunta precisa que oriente al problema y al trabajo esperado por los estudiantes, información que es concordante con lo documentado en las investigaciones de Frejd y Bergsten (2016, 2018). Esta pregunta debe poseer un alto sentido de entendimiento para el estudiante, ya que se espera de ellos, que tengan la intención de entender y resolver el problema (intelección). Esta situación ha sido ya documentada en Huincahue y Vilches (2019), validando aún más que esta característica es muy necesaria para una efectiva práctica interdisciplinaria. En este caso, la valoración primaria de la tarea no debería recaer en la matemática o en la disciplina de contexto, sino que en la resolución misma del problema presentado. Esta situación es frecuentemente valorada en estudios más cercanos a la realidad del estudiante, como por ejemplo la educación matemática financiera (Cabrera-Baquedano et al., aceptado).

Finalmente, se destaca la importancia de que exista una progresión en los resultados esperados, por ello, la pregunta que oriente las tareas o proyectos en interdisciplina debería ser presentada de una forma progresiva según su respectiva complejidad, con un claro y delineado horizonte. Tomar una decisión de esta naturaleza permitirá ir validando los resultados que sostendrán la respuesta o explicación del problema, ayudando a tener un mayor grado de confianza al reconocer avances en la tarea y, por lo tanto, reforzando la idea de intelección. Este resultado, también, muestra concordancia con los estudios de Wake (2015) respecto a las formas de construcción de modelos matemáticos, al hacer alusión a la permanente construcción y deconstrucción de modelos, para su comprensión y progresión hacia su propósito.

Estos resultados y la relación con tareas exitosas de modelación que se enmarcan en desarrollos interdisciplinarios, son resultados de interés para la educación del profesor de Matemáticas, pero insuficientes, ya que es necesario entregar más insumos de tareas de educación interdisciplinaria que puedan atender aspectos curriculares e integradores

en la educación obligatoria nacional, capaces de desafiar a las comunidades educativas en definir espacios de comunicación formal en las escuelas entre profesores de distintas disciplinas, con el objetivo de que una disciplina surja en la clase de la otra, y viceversa. De esta manera, también existiría una valoración que puede ser más natural en el aula, una valoración asociada a un problema que puede ser claramente percibido y entendido por el/la estudiante.

## Reconocimiento

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto Fondecyt de Iniciación 2020, N 11201103 “Modelación, interdisciplina y la reciprocidad entre la matemática y el cotidiano – constructos teóricos y prácticos para el fortalecimiento de la formación del profesor”.

## Referencias

- Aravena, M., Rodríguez, M., y Barría, L. (2020). Caracterización de las habilidades STEM en procesos de etnomodelado con alumnos/as trabajadores/as migrantes haitianos/as de la ciudad de Talca. *Estudios Pedagógicos*, XLVI(2), 397–419. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000200397>
- Arrieta, J., y Díaz, L. (2016). *Investigaciones Latinoamericanas en Modelación – Matemática Educativa*. Gedisa.
- Belzen, A., Krüger, D., y Driel, J. (Eds.). (2019). *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Springer.
- Blum, W., y Leiß, D. (2007). How do teachers deal with modeling problems? En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, y S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA 12): education, engineering and economics* (pp. 222–231). Horwood. <https://doi.org/10.1533/9780857099419.5.221>
- Borromeo-Ferri, R. (2019). Educación interdisciplinaria en la escuela – ejemplos y experiencias. *UCMaule*, (57), 25-37. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.57.25>
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3, 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cabrera-Baquedano, A., Huincahue, J., y Gaete-Peralta, C. (aceptado). Tránsitos al ajustar modelos matemáticos interdisciplinarios: el caso de la alfabetización financiera. *Uniciencia*.
- Cordero, F. (2016). Modelación, funcionalidad y multidisciplinariedad: el eslabón de la matemática y el cotidiano. En J. Arrieta, y L. Díaz (Coords.), *Investigaciones Latinoamericanas en Modelación – Matemática Educativa* (pp. 59-88). Gedisa.
- Cordero, F., Gómez, K., Silva-Crocci, H., y Soto, D. (2015). *El discurso matemático escolar: la adherencia, la exclusión y la opacidad*. Gedisa.
- Flores-Fuentes, G., y Juárez-Ruiz, E. (2017). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), 71–91. <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.3.721>
- Frejd, P., y Bergsten, C. (2016). Mathematical modelling as a professional task. *Educational Studies in Mathematics*, 91, 11–35. <https://doi.org/10.1007/s10649-015-9654-7>
- Frejd, P., y Bergsten, C. (2018). Professional modellers' conceptions of the notion of mathematical modelling: ideas for education. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 50(1), 117–127. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0928-2>
- Huincahue, J. (2021). Interdisciplina en Educación Matemática y su razón de ser. En D. M. Gómez, C. Cornejo, y M. V. Martínez (Eds.), *Actas de las XXV Jornadas Nacionales de Educación Matemática* (pp. 36-43). Universidad de O'Higgins.
- Huincahue, J y Vilches, K. (2019). Interdisciplinarity, mathematical modelling and Poincaré's work: comparing conceptions about knowledge construction. *Journal of Physics: Conference series*, 1160, 012009.
- Huincahue, J., Borromeo-Ferri, R., Reyes-Santander, P., y Garrido-Véliz, V. (2021). Mathematical Thinking Styles – the advantage of analytic thinkers when learning mathematics. *Education Sciences*, 11(6), 289. <https://doi.org/10.3390/educsci11060289>
- Huincahue, J., y Vilches, K. (2019). Interdisciplinarity, mathematical modelling and Poincaré's work: comparing conceptions about knowledge construction. *Journal of Physics: Conference series*, 1160, 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1160/1/012009>
- Kaiser, G. (2005). Mathematical modelling in school. Examples and experiences. En H. W. Henn, y G. Kaiser (Eds.), *Mathematikunterricht im Spannungsfeld von Evolution und Evaluation. Festband für Werner Blum* (pp. 99-108). Franzbecker.
- Klein, J. T. (2013). Communication and collaboration in interdisciplinary research. En M. O'Rourke, S. Crowley, S. D. Eigenbrode, y J. D. Wulfhorst (Eds.), *Enhancing Communication & Collaboration in Crossdisciplinary Research* (pp. 11-30). Sage.
- Lagrange, J-B., Huincahue, J., y Psycharis, G. (2022). Modeling in education: new perspectives opened by the theory of mathematical working spaces. En A. Kuzniak, E. Montoya-Delgado, y P. Richard (Eds.), *Mathematical work in educational context - The perspective of the Theory of Mathematical Working Spaces* (pp. 247–266), Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90850-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90850-8_11)
- Lesh, R., y Doerr, H. (Eds.). (2003). *Beyond constructivism – Models and modeling perspective on mathematics problem solving, learning and teaching*. Lawrence Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781410607713>
- Ministerio de Educación. (2021). *Matemática. Currículum Nacional*. <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-General/Matematica/>
- Passmore, C., Svoboda Gouvea, J., y Giere, R. (2014). Models in science and in learning science. En M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1171–1202). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8\\_36](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_36)

Stillman, G. (2019). Preface. En G. A. Stillman, y J. P. Brown (Eds.), *Lines of Inquiry in Mathematical Modelling Research in Education* (pp. v–vii). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14931-4>

Stillman, G., y Brown, J. (2019). *Lines of Inquiry in Mathematical Modelling Research in Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14931-4>

Velten, K. (2009). *Mathematical modeling and simulation. Introduction for scientists and engineers*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. <https://doi.org/10.1002/9783527627608>

Wake, G. (2015). Preparing for workplace numeracy: A modeling perspective. *ZDM Mathematics Education*, 47(4), 675–689. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0704-5>

Williams, J., Roth, W-M., Swanson, D., Doig, B., Groves, S., Omuvwie, M., Borromeo-Ferri, R., y Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary Mathematics Education A State of the Art*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-42267-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-42267-1_1)