

INVESTIGACIONES

Mecánica de cohetes: diseño de una propuesta didáctica inter/transdisciplinaria adscrita en el nuevo currículo de enseñanza media científico-humanista¹

Rocket mechanics: design of an inter/transdisciplinary didactic proposal included in the new scientific-humanistic high school curriculum

Juan Pablo Carrillo-Mora^{a, b}

Carlos Paiva-Sánchez^{b}*

Juan Luis Guevara^c

Javiera Gutiérrez^d

^aDepartamento de Física de la Materia Condensada, Facultad de Física,
Universidad de Barcelona, España.
jpcarrillo-mora@ub.edu

^bDepartamento de Matemática, Física y Estadística. Facultad de Ciencias Básicas.
Universidad Católica del Maule, Chile.
cpaiva@ucm.cl

^cDepartamento de Biología y Química. Facultad de Ciencias Básicas.
Universidad Católica del Maule, Chile.
jguevara@ucm.cl

^dFacultad de Ciencias Básicas. Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales.
Universidad Católica del Maule, Chile.
jgutierrezl@ucm.cl

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el diseño de una propuesta didáctica inter/transdisciplinaria con enfoque CTS y STEM, adscrita en el nuevo currículo de enseñanza media científico-humanista, para el estudio de la mecánica de cohetes. Se plantea una serie de actividades donde se contextualiza el problema del cohete junto a la reflexión sobre el cómo y para qué poner en órbita un satélite artificial. Su desarrollo se lleva a cabo por grupos transdisciplinares de estudiantes pertenecientes a los cursos de “Física”, “Límites, derivadas e integrales” y “Pensamiento computacional y programación”, del plan de formación diferenciada. Para que los estudiantes integren los saberes de las tres disciplinas, se utilizan las simulaciones numéricas. Finalmente se confeccionan instrumentos de evaluación para los productos finales, proceso y auto/coevaluación. De manera que se verifica el logro de los resultados de aprendizaje y el desarrollo de las actitudes y habilidades del siglo XXI.

Palabras clave: interdisciplinariedad, transdisciplinariedad, CTS, STEM, mecánica de cohetes.

¹ Los autores agradecen a la BECA DOCTORAL UCM- Programa de Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule.

* Autor para correspondencia Carlos Paiva.

ABSTRACT

The objective of this work is the design of an inter/transdisciplinary didactic proposal with STS and STEM approach, included in the new scientific-humanistic high school curriculum, for the study of rocket mechanics. A series of activities are proposed where the rocket problem is contextualized together with the reflection on how and why to put an artificial satellite into orbit. Its development is carried out by transdisciplinary groups of students belonging to the “Physics”, “Limits, derivatives and integrals” and “Computational thinking and programming” courses of the differentiated training plan. Numerical simulations are used for students to integrate the knowledge of the three disciplines. Finally, evaluation instruments are developed for the final products, process and self-/co-evaluation. In this way, the achievement of learning outcomes and the development of 21st century attitudes and skills are verified.

Key words: Interdisciplinary, Transdisciplinary, STS, STEM, Rocket mechanics.

1. INTRODUCCIÓN

El nuevo currículum nacional chileno, con su plan diferenciado, busca la profundización de conceptos. A las y los estudiantes se les permite elegir cursos optativos de diversas áreas del conocimiento, pero sin llegar a fragmentar los saberes. Además, se promueve el uso de metodologías educativas inter/transdisciplinarias las que abren el camino a reunificar el conocimiento de las distintas disciplinas asociadas a los cursos electivos. En particular, desde las diferentes Ciencias Naturales y sus didácticas específicas, se indica que los enfoques educativos más prometedores para la enseñanza inter/transdisciplinar de las ciencias son CTS y STEM. Lo anterior, lleva naturalmente a la necesidad de diseñar propuestas didácticas con estos enfoques. Ambas perspectivas precisan de contextos reales para su implementación. Estos contextos deben ser atractivos y motivantes para el estudiante. En el nuevo currículum del curso de Física del plan de formación diferenciada para tercero y cuarto medio científico-humanista, se incorpora un tema que cumple con ambas condiciones y corresponde al estudio de la física asociada al establecimiento de satélites en la órbita terrestre. No cabe duda la importancia de ello. Las demandas de información por parte de la sociedad actual llevan a la necesidad científico-tecnológica de implementar satélites artificiales, que, al orbitar en torno a la Tierra, permitan mantener la conectividad para establecer comunicación de larga distancia, predecir el tiempo de acuerdo a las distintas condiciones atmosféricas, entre otras necesidades.

Este estudio tiene como principal objetivo diseñar una propuesta didáctica inter/transdisciplinaria con enfoque CTS y STEM para la enseñanza de la mecánica de cohetes. Para ello se realiza una revisión exhaustiva de la literatura en busca de recursos y propuestas innovadoras que puedan modificarse para ser implementadas en este contexto y favorezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Así como también, se buscan cursos del plan diferenciado, cuyos objetivos de aprendizaje permitan la articulación de actividades conjuntas con el curso de Física.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTERDISCIPLINARIEDAD Y TRANSDISCIPLINARIEDAD

Antes de hablar sobre inter y transdisciplinariedad, resulta necesario revisar el concepto de disciplina. Cuando se habla de una disciplina, se hace referencia a un área específica

del conocimiento, es decir, un campo particular que contiene un conjunto de conceptos, modelos y teorías, así como también determinadas metodologías, objetivos, principios y marcos de referencia, los que se comparten por las personas que se desenvuelven en ese dominio particular. Es decir, cada disciplina constituye una forma particular de abordar problemas. De manera que, la biología, la física y la química, en el área de las ciencias naturales, y la geografía, la historia y la economía, en el área de las ciencias sociales, corresponden a disciplinas, cada una con sus características propias (Lorenzo, 2020).

La realidad que envuelve a todos los seres vivos es compleja, pero que a su vez cobra sentido en el colectivo, por lo que no se puede reducir su estudio a una única disciplina específica. Dadas las componentes múltiples que posee la realidad, y sus comportamientos estocásticos, surge la incertidumbre e indeterminación. Así, el cambio a través de las variables que se entretienen crea un todo complejo por naturaleza (Delgado, 2009). Como indica Torres (2000), comprender cualquier suceso, siempre requiere la integración de diversas disciplinas, dados los muchos enfoques para apreciar la realidad. Dada la complejidad intrínseca a los fenómenos, resulta necesario utilizar metodologías que reunifiquen los saberes de distintas disciplinas para realizar un análisis que permita modelar y comprender estos fenómenos completamente. La segregación del conocimiento no permite visualizar el todo global, pues el todo es más que la suma de sus componentes (Delgado, 2009).

De acuerdo con Lenoir (2013) la interdisciplinariedad establece las interacciones efectivas entre dos o más disciplinas y sus conceptos, procedimientos metodológicos, técnicas, entre otros. Imponiendo así, interacciones reales que no permiten la compatibilidad con ninguna visión acumulativa.

En cambio, la transdisciplinariedad también puede ser entendida en el sentido de una superación disciplinaria, la cual conduce a una unificación que actúa a nivel meta-científico, es decir, alude a la trascendencia (más allá), y de ahí su nombre (Maingain, Dufour & Fourez, 2002).

2.2. LOS LÍMITES ENTRE LA INTER Y LA TRANS DISCIPLINA

Basándose en los diagramas de Pedroza y Argüello (2002), se pueden confeccionar nuevos diagramas para representar gráficamente los modelos de inter y transdisciplinariedad, aplicados en el desarrollo de una actividad genérica que involucra la integración de tres disciplinas para abordar un tema arbitrario (figura 1).

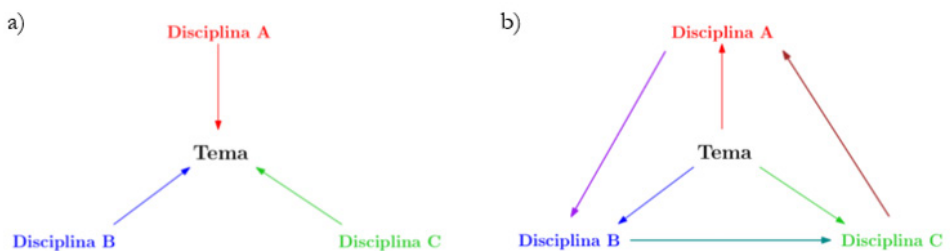


Figura 1. Diagramas de los modelos de a) Interdisciplinariedad y b) transdisciplinariedad.

Como se puede constatar en la *figura 1 a*), el modelo de interdisciplinariedad se puede entender como un conjunto de disciplinas conectadas entre sí a través de un tema en común abordado, estas relaciones están bien definidas (flechas). De manera que el resultado de su desarrollo conjunto lleva a un producto o idea en común. Por ello se llama interdisciplina, utilizando el prefijo *inter*, cuyo significado alude a algo que se encuentra entre o en medio de dos o más cosas (Lorenzo, 2020). Por otro lado, como se observa en la *figura 1 b*), el modelo transdisciplinario puede entenderse como el tratamiento de un tema o problema, cuya forma de entenderlo o solucionarlo lleva a la interacción de diversas disciplinas. De manera que el producto final, trasciende (de aquí el prefijo *trans*) a cualquier resultado obtenido de manera individual. Por consecuencia, se puede notar que la transdisciplina posee un mayor alcance respecto a la interdisciplina, sin embargo, también implica un mayor trabajo y preparación (Pedroza y Argüello, 2002; Lorenzo, 2020).

2.3. LA INTERACCIÓN ENTRE DISCIPLINAS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Una preocupación social actual es formar ciudadanos íntegros, capaces de tomar decisiones y de poseer opiniones fundamentadas, es decir, personas con un pensamiento crítico (Lorenzo, 2020). Esta formación, que se desarrolla durante la enseñanza básica obligatoria, debe ser capaz conciliar dos puntos; la alfabetización científica de todas las personas (Adúriz et al., 2011) y una formación disciplinar básica que provea a las y los egresados de un conocimiento suficiente para poder proseguir sus estudios en la educación superior, incluso en carreras que involucren a las ciencias naturales (Lorenzo, 2020).

En el contexto anterior, las estrategias educativas que involucran la integración del conocimiento de distintas disciplinas, han demostrado ser metodologías muy útiles para lograr zanjar la brecha entre ambas cuestiones (una alfabetización científica para todos y una formación suficientemente profunda para quienes quieren proseguir sus estudios en áreas científicas). De esta manera, el análisis y reflexión sobre nuevas formas de abordar inter/transdisciplinarmente en la enseñanza de las ciencias, constituye una de las líneas actuales de investigación en didáctica de las ciencias (Lorenzo, 2020).

Las y los docentes de ciencias que ejercen en la actualidad, pasaron por una formación dentro de un marco donde el conocimiento se encontraba fragmentado. Por esto, resulta sumamente complejo que aquellos educadores piensen de una manera inter/transdisciplinaria, ya que su aprendizaje se realizó dentro de un currículo compartimentado. Sin embargo, resulta necesario reunificar el conocimiento con el propósito de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las diferentes asignaturas, así como también enseñar con actividades contextualizadas. Para ello, las y los profesores de ciencias de deben considerar la enseñanza de ésta, estableciendo relaciones con otras disciplinas, como, por ejemplo, las matemáticas, la computación, la historia, la sociología, entre otras (Rojas y Graus, 2016).

2.4. ENFOQUES CTS Y STEM EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Un área de investigación consolidada en la academia las últimas décadas es la Didáctica de las Ciencias Experimentales. De entre las líneas de investigación que más sobresalen, se encuentran las de Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) que se centra en la naturaleza social de la relación entre ciencia y tecnología, y Ciencia-Tecnología-Ingeniería-Matemáticas

(STEM), que amplía las relaciones interdisciplinarias a las matemáticas e ingenierías (Perales y Aguilera, 2020).

La principal característica que comparten las propuestas didácticas basadas en CTS y STEM, corresponde a su naturaleza trans/interdisciplinar, dada la interacción necesaria entre distintas disciplinas para llevarse a cabo. Algunos otros rasgos característicos, pero más generales, que comparten, son la promoción de una participación activa de los estudiantes en la construcción de sus aprendizajes y la idea de que el rol de los y las docentes es el de acompañar y orientar esta producción autónoma de conocimientos. Estas características dotan de alguna manera a los enfoques CTS y STEM de un rasgo categórico dentro de las teorías inductivista-tecnológica y aprendizaje espontáneo. En este sentido, pese a que no se organicen actividades educativas en torno al método científico, sigue subyaciendo a ellas la mirada epistemológica empirista-lógica (Peretti, Furci y Trinidad, 2019).

Desarrollar saberes científicos desde el marco de integración de distintas disciplinas, provee de una oportunidad para comprender los alcances, limitaciones e implicancias que tienen la ciencia y la tecnología en la sociedad. Lo que constituye al objetivo del enfoque CTS (Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, 2020). Esta perspectiva permite seleccionar los contenidos de diversas disciplinas y vincularlos con un contexto cotidiano, de nivel local, nacional o internacional, de manera que orienta a actividades que permiten desarrollar la alfabetización científica, formando ciudadanos responsables e informados (Díaz, Alonso y Mas, 2003).

Por otro lado, el enfoque STEM permite a los y las estudiantes aprender que las ciencias y las matemáticas, en conjunto con la tecnología, son herramientas necesarias para la identificación y solución de problemas, recopilación y análisis de datos, y también la modelación de fenómenos tanto en el ámbito profesional como cotidiano (Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, 2020). De esta manera, atiende a la necesidad de incrementar las vocaciones (actitudes positivas) hacia carreras universitarias de las áreas relacionadas a las ciencias, matemáticas e ingeniería (Perales y Aguilera, 2020).

3. METODOLOGÍA

En 2019, la Unidad de Currículum y Evaluación del Equipo de Desarrollo Curricular del Ministerio de Educación de Chile, implementa un cambio en el currículum para tercero y cuarto medio (Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, 2020). Dentro de los objetivos buscados se encuentran formar ciudadanos integrales, favoreciendo el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes que les permita integrarse activamente en la sociedad, mejorar la transición a la educación superior, enfocando los saberes relevantes para desenvolverse en el mundo actual. En particular, dentro del área de Ciencias, para lograr los objetivos antes mencionados se promueve el uso de metodologías didácticas innovadoras, con diversos enfoques, de entre los cuales se pueden mencionar: Naturaleza de la ciencia, Grandes ideas y conocimientos en ciencias, Aprendizaje basado en proyectos y resolución de problemas, CTS y STEM. Todos idealmente abordados desde la inter/transdisciplinariedad y con un fuerte uso de TICs en las actividades planificadas para el proceso de enseñanza-aprendizaje (Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, 2020).

Específicamente las unidades y objetivos propuestos en diversos cursos articulados en física, son (Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, 2020):

Tabla 1. Unidad y objetivos propuestos por Ministerio de educación

| <i>Unidad</i> | <i>Objetivos propuestos</i> |
|--|---|
| Física | <p><i>OA 6:</i> Valorar la importancia de la integración de los conocimientos de la física con otras ciencias para el análisis y la propuesta de soluciones a problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.</p> <p><i>OA 3:</i> Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.</p> <p><i>OA b:</i> Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.</p> <p><i>OA e:</i> Construir, usar y comunicar argumentos científicos.</p> <p><i>OA g:</i> Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.</p> <p><i>OAi:</i> Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</p> |
| Límites, derivadas e integrales | <p><i>OA 3:</i> Modelar situaciones o fenómenos que involucren rapidez instantánea de cambio y evaluar la necesidad eventual de ajustar el modelo obtenido.</p> <p><i>OA a:</i> Construir y evaluar estrategias de manera colaborativa al resolver problemas no rutinarios.</p> <p><i>OA e:</i> Construir modelos realizando conexiones entre variables para predecir posibles escenarios de solución a un problema, y tomar decisiones fundamentadas.</p> |
| Pensamiento computacional y programación | <p><i>OA 2:</i> Representar diferentes tipos de datos en una variedad de formas que incluya textos, sonidos, imágenes y números.</p> <p><i>OA 3:</i> Desarrollar y programar algoritmos para ejecutar procedimientos matemáticos, realizar cálculos y obtener términos definidos por una regla o patrón.</p> <p><i>OA g:</i> Elaborar representaciones, tanto en forma manual como digital, y justificar cómo una misma información puede ser utilizada según el tipo de representación.</p> |

Fuente: elaboración propia.

El diseño de la propuesta didáctica inter/transdisciplinaria con enfoque CTS y STEM para la enseñanza de la mecánica de cohetes se abordó bajo un enfoque metodológico estructurados en tres etapas:

I) Determinar los alcances inter/transdisciplinarios del eje temático que involucra el estudio de la mecánica de cohetes en el programa de estudio de Física.

II) Planificar el logro de los aprendizajes esperados mediante actividades articuladas entre diversos cursos del plan diferenciado con los enfoques propuestos.

III) Organizar objetivos de aprendizaje del plan de formación diferenciada del nuevo currículo de enseñanza media científico-humanista que sean compatibles con el estudio del problema del cohete y conecten a través de las metodologías inter/transdisciplinariedad con enfoque CTS y STEM.

Para lo anterior se realizó una revisión de la literatura en busca de recursos TICs y metodologías innovadoras con potencial aplicación en la propuesta didáctica que se está diseñando en torno a la temática de la mecánica de cohetes.

3.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

La revisión de la literatura abordó dos ámbitos, el primero relacionado con la búsqueda de recursos TICs e innovaciones didácticas aplicadas en contextos diferentes, las que puedan extender su uso para este eje temático particular. Y la segunda revisión se realizó dentro de los programas de estudio de distintos cursos del plan diferenciado de tercero o cuarto medio, para seleccionar aquellos que sean compatibles con el estudio del eje temático de la mecánica de cohetes dentro de la metodología y enfoques propuestos, y también compatibles con aquellos recursos antes encontrados en la primera revisión.

Los criterios de inclusión-exclusión para los recursos TICs e innovaciones didácticas obtenidas de la revisión sistemática de la literatura se pueden resumir a las siguientes preguntas: ¿se pueden utilizar de alguna forma como recurso de aprendizaje para el eje temático de la mecánica de cohetes? (A1), ¿La manera en que se utiliza/aplica es compatible con las metodologías inter/transdisciplinarias? (A2), y ¿a su carácter práctico inter/transdisciplinar se le puede dar un enfoque STEM? (A3). Por otro lado, para los cursos del plan diferenciado con los que articular las actividades, los criterios corresponden a: ¿son compatibles a grandes rasgos las disciplinas que representan con el estudio de la mecánica de cohetes desde una metodología inter/transdisciplinar con enfoque STEM y los recursos antes incluidos? (B1), y ¿los objetivos de aprendizaje en específico permiten la articulación de actividades conjuntas con el curso de Física? (B2). Se puede visualizar esquemáticamente estos criterios como se muestra en la figura 2.

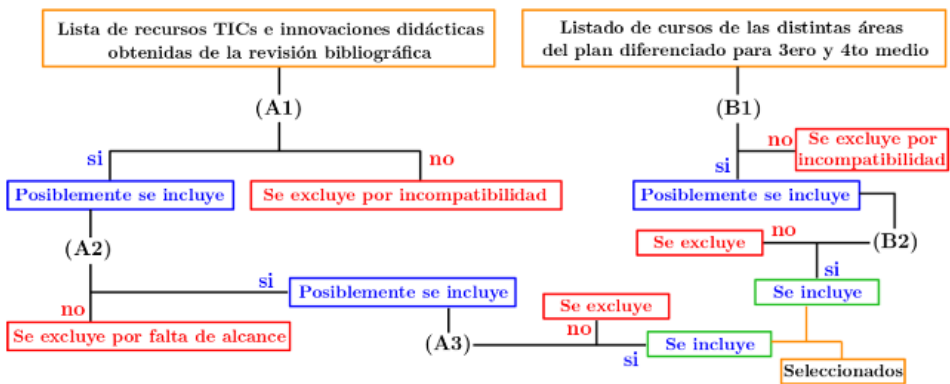


Figura 2. Criterios de inclusión y exclusión para los recursos y asignaturas utilizadas en el diseño de la propuesta didáctica.

Fuente. Elaboración propia.

4. PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica diseñada consta de una serie de actividades a desarrollar en equipos de trabajo. El desarrollo completo de la propuesta tiene una duración de tres semanas, y dado que semanalmente un curso del plan diferenciado tiene asignadas 6 horas pedagógicas. Entonces, la duración total de la propuesta didáctica es de 18 horas pedagógicas y consta de tres partes; la primera es una introducción titulada “¿Cómo y para qué poner en órbita a un satélite artificial?” que pretende entregar un contexto y motivar la actividad (esta es la actividad propuesta por el ministerio para abordar la temática). Esta sección tiene una metodología interdisciplinaria con enfoque CTS, lo que se puede evidenciar del esquema de la figura 3 y su objetivo es que los y las estudiantes reflexionen y analicen las dificultades que implican el poner en órbita a un satélite artificial, así como también los beneficios y las consecuencias éticas, sociales y ambientales que esto trae consigo (Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, 2020).

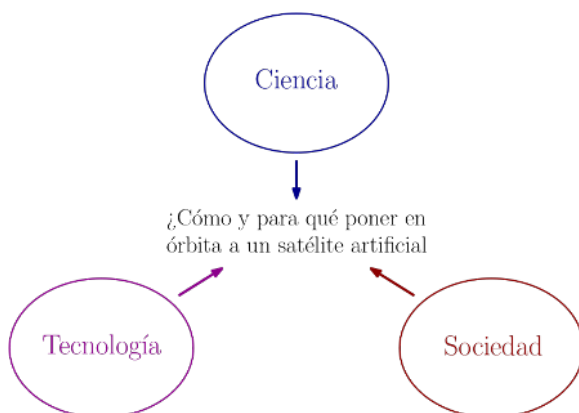


Figura 3. Diagrama de la estructura interdisciplinaria con enfoque CTS de la propuesta didáctica.

Fuente: Elaboración propia.

La segunda parte de la propuesta didáctica titulada “¿Pongamos en órbita al satélite artificial!” pretende desarrollar e integrar los OAs (objetivos de aprendizaje) propuestos, asociados a los contenidos disciplinares. Esta sección tiene una metodología transdisciplinaria con enfoque STEM, lo que se puede evidenciar del esquema de la figura 4 y su objetivo es que las y los estudiantes creen modelos físico-matemáticos e implementen simulaciones numéricas en un computador para estudiar la mecánica de cohetes de propulsión para la puesta en órbita de un satélite artificial. Finalmente, la tercera y última parte, titulada “Comuniquemos al mundo nuestra propuesta”, se aboca al desarrollo de las Actitudes, Habilidades y OAs de carácter comunicativo. la cual consiste en la confección de un video que se suba a redes sociales y plataformas de videos (como YouTube), en el cual las y los estudiantes presenten su propuesta diseñada de satélite artificial, junto con su reflexión acerca de los beneficios y las consecuencias éticas, sociales y ambientales que trae consigo

la puesta en órbita de su satélite. Y por último un análisis gráfico a nivel divulgativo a partir de un resumen de las simulaciones numéricas realizadas.

La propuesta didáctica logra la interdisciplinariedad con enfoque CTS a partir de relacionar el problema del satélite con sus implicancias éticas, sociales y ambientales. Mientras que también logra el nivel superior de reunificación de saberes, la transdisciplinariedad, a partir del enfoque STEM, cuando se integran las disciplinas asociadas a los cursos de “Física”, “Límites, Derivadas e Integrales” y “Pensamiento Computacional y Programación” del plan electivo del nuevo currículo de tercero y cuarto medio. Esto se evidencia a partir del lograr construir diagramas de conexiones con estructuras inter/transdisciplinares, a partir de las actividades de la propuesta (Pedroza y Argüello, 2002). Las simulaciones numéricas como recurso digital para crear y visualizar las órbitas, no solo pretende motivar a los estudiantes mediante el uso de las TICs, sino también promover la comprensión integral de las ecuaciones involucradas en la interacción gravitatoria al introducir los procesos iterativos como herramientas tremendamente valiosas para la programación de simulaciones, la cual, a su vez, constituye una herramienta de investigación actual en la física (Mardones y Riveros, 2017).

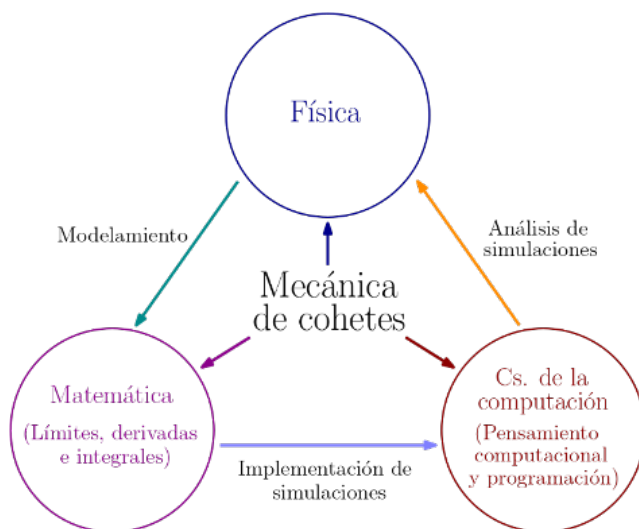


Figura 4. Diagrama de la estructura transdisciplinaria con enfoque STEM de la propuesta didáctica.

Fuente: Elaboración propia.

En esta actividad se puede ver como dialogan entre sí las disciplinas en el orden de abordar el tema de la mecánica de cohetes; la física y la matemática en conjunto construyen los modelos a utilizar, es decir, derivan las ecuaciones movimiento del cohete (ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden). Luego, la matemática y las ciencias de la computación discretizan las ecuaciones de movimiento (por el método numérico de Euler) e implementan las simulaciones (a través de hojas de cálculo o un lenguaje de programación utilizando ciclos for). Finalmente, las ciencias de la computación en conjunto con la

física, ejecutan las simulaciones para distintos parámetros de interés físico y analizan sus resultados.

Dado que la propuesta didáctica diseñada se enmarca en un modelo de enseñanza que está centrado en el alumno, el proceso educativo corresponde a las actividades que desarrollan las y los estudiantes para apropiarse del conocimiento. Esto se debe a que el aprendizaje se concibe como un proceso activo e interactivo, el que se facilita desarrollar habilidades de pensamiento de nivel superior en relación con el tema abordado (Mecánica de cohetes). Por eso, en esta propuesta, aprender se identifica con realizar actividades que demanden pensar sobre los contenidos asociados a cada disciplina y también participar, comunicarse y trabajar cooperativamente con los demás compañeros del equipo, desarrollando así, las actitudes y habilidades para el siglo XXI. Respecto al rol docente durante el desarrollo de las actividades, éste se resume a facilitar el aprendizaje, es decir, propiciar el desarrollo de situaciones en que las y los alumnos aprendan, y a su vez, orientarlos en la realización de estas actividades, de modo tal, que puedan alcanzar los objetivos planificados. De esta forma, las y los docentes, trascienden del rol tradicional de transmisor de información, y se convierten en creadores de oportunidades de aprendizaje para sus estudiantes (Salinas, 2011).

Respecto a la evaluación, es bien sabido que su concepción como un hito, en el cual culmina el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya no es suficiente para los paradigmas y retos actuales de la educación. Es por esto que en la propuesta didáctica diseñada se incorpora una evaluación de proceso, la que tiene como objetivo verificar el logro clase a clase de los objetivos propuestos. De esta manera, no solo se evalúan los productos finales de las actividades, sino que también el desempeño durante su realización (Bordas y Cabrera, 2001).

5. CONCLUSIONES

La propuesta didáctica responde a las necesidades de implementación de nuevo curricular nacional diferenciado para tercero y cuarto medio, cuyo objetivo es profundizar conceptos sin llegar a fragmentar los saberes.

Para abordar inter/transdisciplinariamente el eje temático del curso de Física en el plan diferenciado que involucra el estudio del cómo y para qué poner en órbita terrestre a un satélite artificial, se requiere del uso de metodologías de vanguardia para la enseñanza que integren conocimientos y habilidades propias de distintas disciplinas. En este caso, la Física hace el rol de comandar la investigación mientras, las estrategias y habilidades matemáticas y de programación, las subsidian para dar respuesta a la problemática. Las simulaciones numéricas constituyen un excelente recurso que aborda el problema desde unas perspectivas CTS y STEM.

Las ventajas de la propuesta son que (1) discrimina de forma sistémica la elección de los objetivos y habilidades a desarrollar entre distintas disciplinas. La estrategia no es exclusiva para el ejemplo planteado. Podría ser utilizada en otra asignatura que oriente o apoye la investigación, como por ejemplo Química, abordado el problema desde la reacción química del combustible y estudiar su impacto en la dinámica del cohete. (2) Este tipo de actividades permitiría realizar trabajo colegiado guiado, y así optimizar el tiempo de dedicación de las asignaturas, pudiendo diversificar y relacionar secuencias didácticas y

sus mecanismos de evaluación en distintos cursos. (3) La riqueza del problema puede ser abordado en distintas instancias durante el ciclo formativo y con distintas complejidades. En nuestro caso, su implementación lleva a la integración de saberes relacionados con Límites, derivadas e integrales y Pensamiento computacional y programación. Permitiendo a los estudiantes realizar la conexión entre la dinámica y la cinemática, sin tener conocimientos sobre métodos de resolución de ecuaciones diferenciales (que es teoría que se escapa de los objetivos formativos de la educación media).

Referente a futuras investigaciones, se deja propuesto la implementación de esta secuencia didáctica diseñada, llevarlo al aula de física, probando su eficacia en la enseñanza inter/transdisciplinar con enfoque CTS y STEM en la unidad de mecánica de cohetes del nuevo currículum de tercero y cuarto medio científico-humanista y evaluar posibles modificaciones a esta secuencia, como por ejemplo incluir la estrategia de caminos de dominio para apoyar el aprendizaje autónomo o fortalecer aprendizajes previos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez, M., Izquierdo, M., y Sanmartí, N. (2011). *Las ciencias naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI*. Ciudad de México, México: SEP.
- Bordas, M. y Cabrera, F. (2001). *Estrategias de evaluación de los aprendizajes centradas en el proceso*. Revista española de pedagogía, 25-48.
- Delgado, R. (2009). *La integración de los saberes bajo el enfoque dialéctico globalizador: La interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en educación*. Investigación y postgrado, 24(3), 11-44.
- Díaz, J., Alonso, A., y Mas, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(2), 80-111.
- Lenoir, Y. (2013). Interdisciplinariedad en educación: una síntesis de sus especificidades y actualización. *Interdisciplina*, 1(1)
- Lorenzo, M. G. (2020). Abordaje interdisciplinar para la enseñanza de las ciencias y la actualización de profesores. *Educación en Ciencias Biológicas*, 5(1), 1-9.
- Maingain, A., Dufour, B., & Fourez, G. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. De Boeck Université, Francia.
- Mardones, P. M., y Riveros, F. C. (2017). Diseño de simulaciones numéricas en hoja de cálculo para estudiantes de preparatoria. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(1), 51-70.
- Ministerio de Educación, Equipo de Desarrollo Curricular, Unidad de Currículum y Evaluación, (2020). Programa de Estudio Física 3° o 4° medio. Santiago, Chile.
- Pedroza, R. y Argüello, F. (2002). Interdisciplinariedad y Transdisciplinariedad en los Modelos de Enseñanza de la Cuestión Ambiental. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 15, 286-299.
- Perales-Palacios, F. J. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice: Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15.
- Peretti, L., Furci, V., y Trinidad, O. (2019). Algunas reflexiones filosóficas y didácticas en torno a propuestas STEM como contexto de enseñanza de las ciencias naturales: Potencialidades y riesgos de un movimiento hegemónico. En 1° Congreso Internacional de Ciencias Humanas-Humanidades entre pasado y futuro. Escuela de Humanidades, Universidad Nacional de San Martín.

Rojas, Y. C. y Graus, M. E. G. (2016). Relaciones interdisciplinarias de las ciencias a partir de la Matemática en la Educación Preuniversitaria. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 7(5), 131-154. ISSN 2224-2643.

Salinas, M. I. (2011). *Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol de docente*. Universidad Católica de Argentina, 1-12.

Torres, J. (2000). *Globalización e interdisciplinariedad: el currículum integrado*. Madrid: Morata.