



IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, es una revista en formato digital que publica artículos relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje, a través de Internet y bajo la licencia Creative Commons.

IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, es una publicación seriada, gratuita y libre de ser impresa que cada seis meses divulga artículos científicos, propuestas didácticas y artículos de opinión sobre cuestiones relativas al mundo de la didáctica.

IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, asume como objetivo principal la difusión del conocimiento pedagógico y de metodologías didácticas que favorezca la expansión de prácticas de educativas efectivas.

IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, es una revista bilingüe, abierta a propuestas de autores y autoras que deseen publicar trabajos inéditos tanto en euskara como en castellano.

IKASTORRATZA. Didaktikarako e-aldizkaria

IKASTORRATZA. e-journal on Didactics

IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica

ISSN: 1988-5911 (Online) Journal homepage: <http://www.ehu.es/ikastorratza/>

Estudio codisciplinar de la Matemática en la escuela secundaria: análisis de la gestión de una propuesta de aula para el estudio del crecimiento de plantas

Emanuel Berardi¹, Ana Rosa Corica²

¹Esc. de Educ. Secundaria N° 17 "Pueblos Originarios"
Mar del Plata, Argentina
eberardi@abc.gob.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Núcleo de Investigación en Educación Matemática (NIEM) – UNCPBA
Tandil, Argentina
acorica@niem.exa.unicen.edu.ar

To cite this article:

Berardi E., & Corica, A.R. (2023). Estudio codisciplinar de la Matemática en la escuela secundaria: análisis de la gestión de una propuesta de aula para el estudio del crecimiento de plantas. *IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica*, 31, 1-23. DOI: 10.37261/31_alea/1

To link to this article:

https://doi.org/10.37261/31_alea/1

Published online: 30 Sept. 2023

Estudio codisciplinar de la Matemática en la escuela secundaria: análisis de la gestión de una propuesta de aula para el estudio del crecimiento de plantas

Mathematics codisciplinary study in the high school: management analysis of a classroom proposal to study of plant growth

Emanuel Berardi¹, Ana Rosa Corica²

¹ Esc. de Educ. Secundaria N°17 “Pueblos Originarios”
Mar del Plata, Argentina
eberardi@abc.gob.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Núcleo de Investigación en Educación Matemática (NIEM) – UNCPBA
Tandil, Argentina
acorica@niem.exa.unicen.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presentan resultados de la gestión de un dispositivo didáctico formulado por un profesor de Matemática y una profesora de Biología de una escuela secundaria en el que procuraron un estudio codisciplinar. Con fundamento en la Teoría Antropológica de lo Didáctico se reportan resultados de un estudio exploratorio en el que se buscó caracterizar la gestión de un dispositivo didáctico para el estudio del crecimiento de plantas en la escuela secundaria; en particular analizamos la relevancia del saber matemático en el desarrollo del mismo. Los principales resultados indican que el estudio posibilitó que los protagonistas sean las y los estudiantes: estos formularon y respondieron preguntas logrando autonomía y responsabilidad para la búsqueda de información en diversos media; sin embargo, el saber matemático no ocupó un lugar destacado durante el estudio.

Palabras clave: Escuela Secundaria, Matemática, Biología, Teoría Antropológica de lo Didáctico

Abstract

This paper presents the results of the management of a didactic device formulated by a Mathematics male and Biology female teacher from a secondary school in which they sought a codisciplinary study. Based on the Anthropological Theory of the Didactic, the results of an exploratory study that sought to characterize the management of a didactic device for the study of plant growth in secondary school are reported; In particular, we analyze the relevance of mathematical knowledge in its development. The main results indicate that the study enabled the protagonists to be the students: they formulated and answered questions, achieving autonomy and responsibility for the search for information in various media; however, mathematical knowledge did not occupy a prominent place during the study.

Keywords: High School, Mathematics, Biology, Anthropological Theory of Didactic.

1. Introducción

La enseñanza y el aprendizaje de la Matemática es un desafío para el profesorado y el estudiantado. El distanciamiento hacia la Matemática del alumnado no es atribuido por el saber en sí, sino por la forma en que éste es presentado, la ausencia de interacción entre el mundo real y los saberes enseñados en el aula (Alsina, 2007, D'Amore, Godino y Fandiño, 2008). La actual cultura de la información y las tecnologías exige nuevos enfoques que den respuesta en el ámbito de la enseñanza, a las nuevas demandas de una sociedad en continuo cambio. Esto nos sumerge en la necesidad de modificar las formas de pensar y proceder en la clase, buscando involucrar al estudiantado en una educación diferente, útil y funcional a la ciudadanía del siglo XXI (Chevallard, 2017, Pochulu, 2018).

En los últimos años, en Argentina se propuso un cambio de la educación secundaria en el que se procura un estudio interdisciplinar de los saberes, con el propósito de superar la fragmentación de la enseñanza y del aprendizaje, proponiendo el diálogo, la articulación y la vinculación entre los saberes (Ministerio de Educación de la Nación, 2017). En este trabajo, con fundamento en la Teoría Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 2013, 2017), se reportan resultados de un estudio exploratorio en el que se buscó conocer las características de la gestión de un dispositivo didáctico codisciplinar para el estudio del crecimiento de plantas en la escuela secundaria. En particular, en este trabajo se buscó comprender el lugar del saber matemático en el desarrollo de un proyecto codisciplinar, en el que trabajaron de manera cooperativa un profesor de Matemática y una profesora de Biología. Estos fueron quienes diseñaron y gestionaron la propuesta con las y los estudiantes de la escuela secundaria argentina. En el siguiente apartado se describe brevemente la propuesta del Ministerio de Educación en la que se propugna por un estudio codisciplinar en la escuela secundaria argentina. Se trata de una iniciativa que ha generado dificultades entre las y los docentes para poder llevar a cabo la misma siendo que la formación del profesorado es monodisciplinar (Corica, 2022). En este caso se analizan las decisiones didácticas que tomó la profesora de Biología y el profesor de Matemática en la propuesta que íntegramente diseñaron e implementaron.

2. La enseñanza codisciplinar en la escuela secundaria argentina

El Marco de Organización de los Aprendizajes para la Educación Obligatoria Argentina (MOA) (Ministerio de Educación de la Nación, 2017) propone que las instituciones

educativas favorezcan el estudio en las disciplinas. Se procura que las y los profesores de al menos dos disciplinas de cada año escolar trabajen de manera colaborativa y cooperativa para el desarrollo de proyectos con el alumnado. En el MOA se establece que el estudio tiene que organizarse de tal manera que se aborden temas multifacéticos del mundo, que resulten de relevancia para el profesorado, el estudiantado y el mundo. En especial, se propone que el estudio invite a la formulación de preguntas que demanden la búsqueda de respuesta en diversos media. Esto implica que para cada trabajo en la que se involucre más de una disciplina, las y los profesores analicen qué saberes son apropiados para el estudio, qué disciplinas puede abarcar, cómo interaccionan las disciplinas para alcanzar los objetivos del trabajo y cómo decidir cuándo el objetivo fue alcanzado. De esta manera, se procura que el estudiantado comprenda las diferentes nociones y modos de pensar, e integren saberes de distintas disciplinas para estudiar diversas situaciones. Este modo de enseñar tiende a establecer una conexión articulada con saberes que no es posible en la enseñanza aislada de las disciplinas, especialmente cuando se enseñan de modo tradicional.

3. Marco Teórico

En esta investigación se adopta como referencial teórico a la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) (Chevallard, 2013, 2017, 2019). La TAD “sitúa la actividad matemática, y en consecuencia la actividad del estudio en matemáticas, en el conjunto de actividades humanas y de instituciones sociales” (Chevallard, 1999, p. 221), de allí lo antropológico de su nombre. Lo didáctico hace referencia a la multitud de situaciones sociales en las cuales alguna persona y/o alguna institución, hacen algo, o pretenden intencionalmente hacerlo, para que alguna persona pueda estudiar una determinada praxeología. Estas son creaciones humanas materiales o no, producidas deliberadamente para cumplir una función definida. De esta manera, lo didáctico supone la existencia de sistemas didácticos que funcionan según ciertas reglas, estudiadas por la didáctica. Finalmente, el término escolar se amplía a todas las instituciones sociales donde ocurren procesos de difusión de praxeologías, sean estas matemáticas o no (Otero et al. 2013).

En la TAD se asume como principio base que toda actividad humana regularmente realizada se describe con un modelo denominado praxeología. Esto comprende los conocimientos que se transmiten y se producen como producto de esta actividad. Esta noción vincula el aspecto conceptual y procedimental de la actividad humana al incluir, como entidades inseparables, la praxis y el logos; es decir, toda práctica o saber hacer

(toda praxis) aparece siempre acompañada de un discurso o saber (un logos), es decir una descripción, explicación o racionalidad mínima sobre lo que se hace, el cómo se hace y el porqué de lo que se hace (Bosch y Gascón, 2009). De esta manera, las praxeologías constan de dos niveles:

- El nivel de la *praxis* o del *saber hacer*, que engloba, por un lado, un cierto tipo de tareas y cuestiones que se estudian, y por otro, las técnicas para resolverlos.
- El nivel del *logos* o del *saber*, se encuentran los discursos que describen, explican y justifican las técnicas que se utilizan, esto es, la tecnología. Un segundo nivel de descripción, explicación, justificación (esto es, el nivel tecnología de la tecnología) se denomina teoría.

La TAD constituye un marco que se vincula con diferentes formas de procesos de indagación, resultando ser compatible con el paradigma pedagógico que se proyecta para la escuela secundaria en Argentina. La teoría sostiene un cambio en la concepción de la enseñanza y en particular de la Matemática proponiendo el paradigma del cuestionamiento del mundo. En este se promueve la indagación de elementos del contrato escolar tradicional: el profesorado como el templo del saber, como único garante de la validez de las respuestas, como gestor del tiempo didáctico, y el carácter individual del aprendizaje. Estos elementos quedan sustituidos por el modelo de un proceso de estudio colectivo, dirigido por uno o varios profesores que comparte con el grupo de estudiantes la responsabilidad de la gestión de los diferentes momentos didácticos. En esta perspectiva, la actividad escolar es más que resolver problemas: se trata de formular y responder preguntas, buscar en diferentes medias, desarrollar diferentes técnicas, realizar conjeturas, validar soluciones, interactuar con otros miembros de la comunidad de estudio, cotejar resultados, técnicas, validaciones, etc. El paradigma del cuestionamiento del mundo tiene como objetivo educativo crear nuevas posturas hacia el aprendizaje caracterizadas por la actitud de problematización, asociada al carácter herbartiano, procognitivo y exotérico (Chevallard, 2013). Esto es, herbartiano en el sentido de que el motor del aprendizaje es la actitud receptiva hacia la formulación de preguntas y problemas sin resolver; procognitivo en el sentido de considerar que el conocimiento está por descubrirse y no a la revisión del conocimiento ya descubierto; exotérico en el sentido de inmerso en el estudio porque siempre hay lugar para nuevo conocimiento sobre una disciplina; y finalmente la actitud de problematización se caracteriza por formular

preguntas, tal que algunas se conviertan en problemas para al menos un grupo de personas.

4. Metodología

En esta investigación se propone una metodología cualitativa de corte exploratoria, descriptiva e interpretativa (Hernández; Fernández; Baptista, 2014). Se describe la gestión de un dispositivo didáctico codisciplinar desarrollado por un profesor de Matemática y una profesora de Biología en una escuela secundaria argentina. El dispositivo tiene como propósito comprender por qué la naturaleza adopta determinadas características. En este caso particular, el centro de atención se ubica en comprender las características de las plantas a medida que transcurre el tiempo en condiciones particulares. El estudio propuesto se aleja de la enseñanza tradicional, en el sentido de que el profesorado planificó cómo darían inicio a la propuesta y la experiencia que realizarían los estudiantes con plantas que quedarían a su cargo para el cultivo; pero también, emergieron preguntas y respuestas según las necesidades del estudio y formuladas por todos los integrantes de la comunidad de estudio.

La descripción que se realiza en el siguiente apartado se organiza en cinco fases que se vivieron en el desarrollo del estudio. Las mismas tuvieron diferente duración y corresponden a las tareas que vivieron el estudiantado y el profesorado. También se resalta que, durante la dinámica de estudio, en algunas instancias el alumnado interactuó con los profesores en el mismo espacio y tiempo; esto no es habitual en la enseñanza de la escuela secundaria argentina, donde las disciplinas se encuentran disgregadas y a cargo de un solo docente.

El desarrollo del dispositivo didáctico requirió de 22 clases, de las cuales 8 clases fueron desarrolladas de manera conjunta por el profesor de Matemática y la profesora de Biología (6 clases al inicio del estudio y 2 clases al final) para profundizar en aspectos específicos de la experiencia. Durante el resto de las sesiones la profesora y el profesor destinaron espacios de pocos minutos de sus clases para preguntar al estudiantado acerca de las plantas que se encontraban cultivando en sus casas, recordarles registrar los cambios detectados y comentar al resto de los integrantes del grupo en qué estado se encontraban las plantas.

Para cada sesión de la implementación, el investigador realizó notas de campo que consistió en registrar las tareas asignadas al estudiantado, la actividad de la y el profesor,

los media empleados para el estudio y los pares de preguntas y respuestas aportadas por toda la comunidad de estudio. El investigador también recogió las producciones escritas del alumnado. El análisis de los datos recolectados se presenta en la siguiente sección. Para la presentación de resultados se hace referencia a la producción de tres grupos que se consideraron como representativos de lo realizado por el estudiantado para cada una de las condiciones a las que fueron expuestas las plantas.

4.1. Características del curso en el que se desarrolló la investigación

El dispositivo didáctico se gestionó en un curso de tercer año en una escuela secundaria en Argentina. Atendiendo al diseño curricular para la educación secundaria de la provincia de Buenos Aires (Dirección General de Cultura y Educación, 2008), en el curso se destinan cuatro horas semanales para estudiar Matemática (segmentadas en dos encuentros de dos horas) y dos horas semanales para estudiar Biología (que se desarrollan en un encuentro de dos horas). De manera complementaria, el profesor de Arte también trabajó desde su espacio el bosquejo de plantas y el profesor de Construcción de la Ciudadanía generó un proyecto paralelo con el estudiantado, con el fin de donar a un hogar de adultos mayores las plantas cultivadas durante la experiencia. Si bien, la propuesta de estos dos profesores no contribuyó a comprender el crecimiento de las plantas, sus actividades generaron aportes al desarrollo del dispositivo didáctico, enriqueciendo la propuesta desde sus espacios.

El curso estaba compuesto por 33 estudiantes cuyas edades oscilaban entre 14 y 15 años. El profesor de Matemática y la profesora de Biología decidieron trabajar en los horarios designados para sus disciplinas, en algunas clases en conjunto y en otras de manera individual; esto en función de lo que demandara el estudio desarrollado con el alumnado. En el primer encuentro el estudiantado y el profesorado participaron de manera conjunta de una actividad introductoria de biodanza. Esta actividad consistió en que todo el grupo trabajó de manera cooperativa a partir de algún objeto, en este caso globos. Esto se realizó para fortalecer el trabajo en equipo y consolidar la dinámica vincular entre pares, posibilitando comprender la importancia que tiene en la actividad la cooperación entre compañeros y entre docentes.

Durante las diferentes sesiones que contempló el desarrollo del dispositivo didáctico, en los espacios de cada materia, el estudiantado trabajó en pequeños grupos (compuestos por 4 o 5 estudiantes), realizaron las distintas tareas propuestas y compartieron con toda la comunidad de estudio sus producciones. La difusión de los resultados del desarrollo del

dispositivo didáctico tuvo lugar en la Feria de Ciencias de la institución, en la que participan todo el estudiantado de la escuela; y además puede ser visitada por público en general.

Una de las fases del estudio requirió que el alumnado busque información. La institución en la que se desarrolló la investigación cuenta con biblioteca y acceso a internet. Esto posibilitó realizar búsquedas en la institución según la demanda de los grupos, porque también se contó con notebooks y celulares aportados por las y los estudiantes. Para realizar la toma de apuntes el estudiantado utilizó el Método Cornell. Este método consiste en tomar una hoja y situarla de forma vertical, y sobre el papel dibujar una línea horizontal a 5 cm de borde inferior, y la mitad superior se divide en dos zonas mediante una línea vertical dibujada a 6 cm del borde izquierdo. Los apuntes se escriben en la zona de la derecha, mientras que en el margen izquierdo se indica alguna palabra o idea clave para cada párrafo; de tal manera que el área inferior se reserva para hacer un resumen de la página y anotar las dudas que puedan surgir. Este método se implementa en todas las materias de los seis años escolares de la institución, posibilitando que el estudiantado cuente con una herramienta útil y práctica para poder estudiar. La principal ventaja de este método es que organiza y estructura la forma de tomar apuntes, para luego estudiar.

5. Análisis del dispositivo didáctico desarrollado en la escuela secundaria

El dispositivo didáctico que se describe a continuación tiene como objetivo que el estudiantado comprenda las características de las plantas a medida que transcurre el tiempo en condiciones particulares. El desarrollo de la propuesta requirió que las y los estudiantes cultivaran una planta en sus hogares, la sometieran a diferentes condiciones y registren el comportamiento de la misma a medida que transcurrían los días. Este estudio contempló cinco fases que se describen a continuación.

5.1. Primera fase: formulación y estudio de preguntas en torno al crecimiento de plantas y factores que inciden en el mismo

Esta fase se desarrolló en dos encuentros, en los que participaron de manera conjunta la profesora y el profesor. En primera instancia, los docentes propusieron al estudiantado mirar un video que se puede acceder mediante el siguiente link: https://www.youtube.com/watch?v=dfQ0sjk_r08

En este video se describe cómo la Matemática modeliza el mundo de las plantas, en particular cómo en el crecimiento de las hojas de una planta se vincula a la sucesión de

Fibonacci. La tarea del estudiantado consistió en mirar el video y realizar apuntes mediante el Método de Cornell. A continuación, la y el profesor propusieron al alumnado que formularan preguntas sobre la información que brinda el video. Esto requirió que el profesorado también aporte preguntas con el propósito de animar al estudiantado a formular las propias, porque no estaban habituados a generarlas y estudiarlas. Las preguntas propuestas en un principio por el alumnado fueron las siguientes:

Q₁: ¿Qué es una sucesión?

Q₂: ¿Quién es Fibonacci?

Q₃: ¿Qué es la sucesión de Fibonacci?

Q₄: ¿Cómo crece una planta?

Estas preguntas se derivan directamente del video proyectado. Las tres primeras preguntas se refieren a nociones de Matemática, y la cuarta pregunta hace referencia a nociones de Biología. Siendo acotado el número de preguntas formulado por el estudiantado y en función de la información que brinda el video, la profesora y el profesor tomó la decisión de aportar las siguientes preguntas vinculadas a la Biología, que tienen como propósito analizar el crecimiento de plantas según se alteran diversas condiciones del medio, tales como: exposición a ruidos, acceso al agua y al oxígeno.

Q₅: ¿Es verdad que las plantas pueden oír? ¿Cómo afecta la música al desarrollo y al crecimiento de las plantas?

Q₆: ¿Qué sucede cuando la planta es expuesta a estrés hídrico?

Q₇: ¿Qué sucede en la fase clara y oscura de la planta?

Q₈: ¿Qué le sucede a los estomas ante la restricción de oxígeno?

Una vez que se acordaron las preguntas a estudiar, el profesorado propuso al estudiantado que las respondan. El alumnado, en pequeños grupos, realizaron un informe conteniendo las respuestas a las preguntas que surgieron en esta etapa; como producto de acudir a diferentes fuentes de información (Briggs, 2013 y Vázquez, 1997). Las respuestas que el estudiantado pudo dar a sus preguntas fueron discutidas en los pequeños grupos y luego con toda la comunidad de estudio en la que se encontraba el profesorado. Esto fue necesario para analizar qué información era útil para dar respuesta, la confiabilidad en la fuente desde donde se extrajo y la relevancia en relación al tema de estudio. Esto permitió conocer qué reacciones pueden experimentar las plantas al ser sometidas a

diversos factores, resultando ser un conocimiento útil para el desarrollo de la segunda fase del estudio.

5.2. Segunda fase: la experimentación

En esta segunda fase del estudio la profesora y el profesor solicitaron al alumnado una planta; esta podía ser cualquiera cuyo ciclo de vida sea superior a 3 meses o perenne, tal como alguna aromática, para que se pueda observar los cambios de la misma durante un lapso de tiempo prolongado. Esta fase se desarrolló en 4 encuentros, en los que participaron de manera conjunta la profesora y el profesor; y en 10 encuentros en los que participaron de manera individual la y el profesor con el estudiantado. En estas últimas clases se destinó tiempo para comentar el estado de la planta que se encontraba cultivando el alumnado y los registros que estaban realizado. Esto fue vital para que el estudiando sostuviera en el tiempo la tarea asignada de cultivo y recolección de datos.

Las plantas seleccionadas estuvieron 3 meses en la casa del estudiantado, y fueron sometidas a condiciones favorables, adversas y combinaciones de condiciones favorables y adversas. Cada grupo de alumnado sometió su planta a una de las condiciones establecidas. Las y los integrantes de cada grupo tenían asignados roles específicos: algunos se ocuparon de redactar los avances de la investigación, otros se ocuparon del cuidado de la planta y el registro del comportamiento, otros se encargaban de ir armando la carpeta de campo para la presentación en la feria.

El profesorado acordó con el estudiantado las condiciones para el cuidado de la planta, las que contemplaron los siguientes aspectos: cantidad de horas que permanece sin luz solar, forma de riego y tipo de experiencia musical a la que es expuesta. Las condiciones acordadas para el cuidado de las plantas se indican en la tabla 1. Estas responden a los factores que engloban las respuestas a las preguntas Q_5 , Q_6 y Q_7 , estudiadas en la primera fase. En esta propuesta quedó excluido el factor oxígeno que fue abordado en la respuesta a Q_8 . En esta pregunta se consideró los efectos que puede producir en la planta la restricción del acceso al oxígeno. Como la respuesta fue inmediata por todo el alumnado, porque la planta es un ser vivo y es vital para esta el acceso al oxígeno, se omitió para la realización de la experiencia, la incidencia de este aspecto en la determinación de las condiciones a los que sería sometida la planta durante su cultivo.

Tabla 1. Pautas para el cuidado de la planta

Caso 1. Condiciones favorables	Caso 2. Condiciones desfavorables	Caso 3. Combinación de condiciones favorables y desfavorables
Poner una taza de agua (250cm ³) cada 4 días.	Poner dos tazas de agua (250cm ³) cada 4 días.	Los alumnos realizarán una combinación de los dos casos anteriores, alternando.
Poner cada tantos días música relajante.	Poner cada tantos días música fuerte.	
Exponerla todos los días a la luz solar (un par de horas).	Exponerla algunos días a la luz solar.	

En las decisiones que tomó la comunidad de estudio en relación a las condiciones a las que serían sometidas las plantas, para el caso 2, no se especificó el tiempo en el que estas serían expuestas a experiencia musical y exposición de luz solar. Esto quedó deliberado a las decisiones del estudiantado. Mientras que para el caso 3, todas las condiciones de cultivo quedaron para ser definidas por el alumnado.

En las indicaciones proporcionadas por la profesora y el profesor para el cultivo de la planta, se hizo énfasis en registrar el tiempo de exposición de la planta a la luz solar y al agua proporcionada. Esto es porque al finalizar la experiencia los profesores solicitaron el cálculo de la tasa de almidón. Esta se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\frac{S}{T} = \text{Tasa de almidón}$$

Donde,

S= Molécula de almidón (Agua + Luz)

T= Tiempo (4 días = 5760 minutos)

La tasa de almidón fue introducida por la profesora de Biología, porque no surgió del estudio realizado en la primera fase. El estudiantado recopiló información y destacó que la tasa de almidón brinda información sobre la planta cuando esta no puede utilizar la energía de la luz solar para convertir el dióxido de carbono en azúcares y almidón, por eso debe regular sus reservas de almidón para asegurar que duren hasta la nueva exposición solar (Balbiano, Castro, Molinari Leto, 2018).

Esta etapa de planificar la experiencia sumergió a la comunidad de estudio en la problemática de registrar y organizar los datos, para luego poder comparar los resultados

con el resto de los grupos. El estudiantado, junto a la profesora y el profesor, acordaron recoger los datos en una tabla como la siguiente:

Tabla 2. Tabla de registros para la experimentación

Semana	Cantidad de agua, música y luz	Cambios
---------------	---------------------------------------	----------------

En la primera columna de la tabla 2 se recoge el periodo en el que se realiza la toma de datos. La profesora y el profesor solicitaron al alumnado que realizaran la toma de datos cada 15 días, con el propósito de poder observar cambios notorios en las plantas. En la segunda columna se recoge las condiciones a la que fue sometida la planta en cada periodo de toma de datos (cantidad de agua proporcionada, tiempo de exposición a la música y cantidad de horas de exposición a la luz solar). En la tercera columna el estudiantado registró los cambios observados en la planta. Cada grupo de estudiantes confeccionó la tabla volcando los datos que fueron registrando durante 3 meses en los que tuvieron que cultivar a la planta.

Imagen 1. Protocolo del Grupo 1 para el caso 1.

Semanas	Cantidad de agua, música y luz	Cambios
Semana 1 - 2	Agua: 3 tazas Música: 20 horas Luz: 60 horas	En principio crece el primer pimpollo y surge como más pero este comienza a encogerse. Las hojas poseen una coloración verde hasta volver la planta a su altura normal.
Semana 3 - 4	Agua: 3 tazas Música: 32 horas Luz: 72 horas	Las hojas se vuelven más blandas, los pimpollos son de color violeta grisáceo, tuvo una leve inclinación hasta achatarse nuevamente.
Semana 5 - 6	Agua: 3 tazas Música: 27 horas Luz: 99 horas	Los pimpollos se abren y uno se cayó casi en su totalidad. Algunas hojas comienzan a ser duras.
Semana 7 - 8	Agua: 3 tazas Música: 16 horas Luz: 54 horas	La planta se la notó radiante por ende sus hojas comenzaron a brillar sus pimpollos totalmente abiertos.
Semana 9 - 10	Agua: 3 tazas Música: 33 horas Luz: 16 horas	Las hojas de la planta están húmedas.
Semana 11 -12	Agua: 3 tazas Música: 92 horas Luz: 74 horas	No han ocurrido muchos cambios notorios con respecto a la semana 9 – 10, sin embargo la tierra está más seca al igual que su hoja.

En la Imagen 1 se indica el registro realizado por las y los estudiantes del Grupo 1 para una planta que fue sometida a condiciones favorables.

En los registros indicados en la Imagen 1 se puede observar que el estudiantado proporcionó la misma cantidad de agua a la planta durante el mismo periodo de toma de datos (15 días). En cada periodo se alteró la exposición de la planta en horas a música y a la luz solar. En la tercera columna de la tabla, el estudiantado indicó cambios en las características de las hojas, en los pimpollos y la forma de la planta. En particular, en la toma de nota del alumnado se observa el registro de características cualitativas de la planta y también de los factores a las que atribuyen los cambios en la misma:

En la Imagen 2 se indica una foto de la planta con la que realizaron la experiencia las y los estudiantes del Grupo 1. Se puede observar el buen estado de la planta que fue sometida a condiciones favorables durante 3 meses.

Imagen 2. Estado final de la planta cultivada del Grupo 1.



En la Imagen 3 se indica la tabla propuesta por el Grupo 2. En este caso las y los estudiantes experimentaron con una planta que fue sometida a condiciones desfavorables (Caso 2).

Imagen 3. Protocolo del Grupo 2 para el caso 2.

Semanas	Cantidad de Cambios agua, música y luz	
Semana 1 - 2	Agua: 6 tazas Música: 20 horas Luz: 10 horas	En principio crece el primer pimpollo y surge uno más pero este comienza a encogerse, las hojas poseen una coloración verde hasta volver la planta a su altura normal.
Semana 3 - 4	Agua: 6 tazas Música: 32 horas Luz: 12 horas	Las hojas se vuelven más blandas, los pimpollos sen de color violeta opaco, tuvo una leve inclinación hasta encorvarse nuevamente.
Semana 5 - 6	Agua: 6 tazas Música: 27 horas Luz: 19 horas	Los pimpollos no se abren y se empiezan a caer, algunas hojas comienzan a secarse y caer.
Semana 7 - 8	Agua: 6 tazas Música: 16 horas Luz: 14 horas	La planta se la nota con exceso de agua, por ende sus hojas comenzaron a pudrirse, sus pimpollos totalmente marchitos.
Semana 9 - 10	Agua: 6 tazas Música: 33 horas Luz: 6 horas	Las hojas de la planta se secaron y caer debido a la poca luz solar y exceso de agua.
Semana 11 -12	Agua: 6 tazas Música: 92 horas Luz: 24 horas	No han ocurrido muchos cambios notorios con respecto a las semanas 9 – 1, sin embargo la tierra está más húmeda al igual que sus hojas.

En los registros indicados en la Imagen 3 se puede observar que el estudiantado, al igual que en el caso anterior, proporcionó la misma cantidad de agua a la planta durante el mismo periodo de toma de datos (15 días). En cada periodo se alteró la exposición de la planta en horas a música y a luz solar. Tal como se indicó, para las condiciones establecidas para el caso 2 (Tabla 1), no se especificó el tiempo durante el cual la planta sería sometida a experiencia musical y exposición de luz solar. Esto quedó deliberado a las decisiones del estudiantado, lo que fue alterado entre cada periodo definido para la toma de datos. Al variar en conjunto dos factores no es posible definir con claridad a qué aspecto responde la planta con sus alteraciones.

Al igual que en el caso anterior, en la tercera columna de la tabla (Imagen 3) el alumnado indicó cambios en las características de las hojas, en los pimpollos y la forma de la planta. En particular, en la toma de nota del estudiantado se observa el registro de características cualitativas de la planta y también de los factores a las que atribuyen los cambios en la planta: *“La planta se la noto con exceso de agua, por ende sus hojas comenzaron a*

podrirse, sus pimpollos totalmente marchitos.” “*Las hojas de la planta se resecan y caen debido a la poca luz solar y exceso de agua.*” En las expresiones del estudiantado se observa que trata de atribuir a determinados factores los cambios que observan en la planta.

En la Imagen 4 se indica la foto de una planta con la que realizaron la experiencia el estudiantado del Grupo 2. Se puede observar el deterioro de la planta sometida a condiciones desfavorables durante 3 meses.

Imagen 4. Estado final de la planta cultivada del Grupo 2.



En la Imagen 5 se indica la propuesta del Grupo 3. Aquí se registraron los cambios producidos al someter la planta a condiciones que establecieron el alumnado.

En los registros indicados en la Imagen 5 se puede observar que el estudiantado, en cada periodo, alteró la cantidad de agua proporcionada a la planta, así como exposición de la planta en horas a música y a la luz solar. Las condiciones a las que fue sometida la planta durante su cultivo quedaron deliberadas a las decisiones del estudiantado (Tabla 1). Esto fue alterado entre cada periodo definido para la toma de datos. Al variar en conjunto los tres factores (cantidad de agua, exposición a la cantidad de horas de música y de luz solar) no es posible identificar con claridad el factor al que responde la planta con sus alteraciones.

Imagen 5. Protocolo del Grupo 3 para el caso 3.

Semanas	Cantidad de agua, música y luz	Cambios
Semana 1 - 2	Agua: 3 tazas Música: 20 horas Luz: 60 horas	En principio crece el primer pimpollo y surge 1 más pero este comienza a encogerse, las hojas poseen una coloración verde hasta volver la planta a su altura normal.
Semana 3 - 4	Agua: 6 tazas Música: 32 horas Luz: 12 horas	Las hojas se vuelven más blandas, los pimpollos son de color violeta grisáceo, tuvo una leve inclinación hasta achatarse nuevamente.
Semana 5 - 6	Agua: 3 tazas Música: 27 horas Luz: 14 horas	Los pimpollos se caen y la tierra tiene un exceso de agua.
Semana 7 - 8	Agua: 6 tazas Música: 16 horas Luz: 14 horas	La planta se la notó con exceso de agua, por ende sus hojas comenzaron a pudrirse.
Semana 9 - 10	Agua: 3 tazas Música: 33 horas Luz: 16 horas	La planta queda marchita, como si hubiera muerto.
Semana 11 - 12	Agua: 6 tazas Música: 92 horas Luz: 24 horas	La planta no tuvo ninguna modificación, solo se la ve sin ninguna hoja y pimpollos.

Al igual que en los casos anteriores, en la tercera columna de la tabla (Imagen 5), el estudiantado indicó cambios en las características de las hojas, en los pimpollos y la forma de la planta. En particular, en los registros realizados por el alumnado en la tercera columna se observa no solo el registro de características cualitativas de la planta sino a uno de los factores al que atribuyen los cambios en la planta: *“La planta se la notó con exceso de agua, por ende sus hojas comenzaron a pudrirse.”* En las expresiones de las y los estudiantes se observa que tratan de atribuir a determinados factores los cambios que observan en la planta.

En la Imagen 6 se indica una foto de la planta con la que realizaron la experiencia las y los estudiantes del Grupo 3. En la imagen se puede observar el deterioro de la misma al ser sometida a condiciones no totalmente favorables durante un periodo de 3 meses.

Imagen 6. Estado final de la planta cultivada del Grupo 3.



El análisis de las tablas confeccionadas por cada grupo permitió estudiar el comportamiento de la planta durante el periodo de cuidado en las condiciones establecidas. En todos los protocolos de las y los estudiantes, más allá de la condición a la que haya sido sometida la planta, no fueron retomados aspectos relacionados con el video que se propuso en la fase 1 del estudio. En particular no se hace mención a la sucesión de Fibonacci. Para poder vincular la experiencia con lo discutido en el video, los registros del estudiantado deberían haber sido más amplio, registrando aspectos cuantitativos de los cambios de las plantas, como, por ejemplo, cantidad de hojas, disposición, altura de la planta, etc.

El estudio realizado al abordar la confección y el análisis de la tabla, generó la formulación de nuevos interrogantes producto de la interacción entre el estudiantado y el profesorado. La respuesta aportada a estas preguntas conforma la fase 3 del estudio.

5.3. Tercera fase: formulación y estudio de nuevas preguntas

Esta fase se desarrolló en un encuentro, en el que participaron de manera conjunta la profesora y el profesor. En la tercera fase se estudiaron las siguientes preguntas, centradas en nociones Matemáticas explícitas en el video que se proyectó en la fase 1, y procurando establecer vínculos entre la Biología y la Matemática para el estudio de crecimiento de las plantas. Los interrogantes propuestos fueron los siguientes:

Q₉: ¿Qué relación encuentran entre el crecimiento de la planta con la sucesión de Fibonacci?

Q₁₀: ¿Qué es la filotaxia?

Q₁₁: ¿Qué son los estomas?

Q₁₂: ¿Cuál es la función de los estomas ante una señal ambiental de luz intensa?

Q₁₃: ¿Cómo se relacionan los factores de luz, temperatura, sonido y estrés hídrico para la supervivencia de la planta?

Q₁₄: ¿Cuál es la hormona que puede estar involucrada en la fabricación de la glucosa en las plantas?

En la primera y tercera fase la y el profesor tuvieron que estimular al estudiantado a la formulación de preguntas y aportar otras para que profundizaran en el estudio. A pesar de que el análisis de las preguntas derivadas fue regulado por el profesorado, el alumnado asumió la responsabilidad de búsqueda de respuesta, proponiendo y estudiando situaciones concretas. Destacamos que estos aportaron respuestas con la información mínima y no formularon nuevos interrogantes: la necesidad de indagar fue promovida y sostenida por el profesorado; no se registraron instancias en las que los interrogantes emerjan de manera espontánea del estudiantado. Las respuestas fueron validadas por los conocimientos del alumnado a partir de la media consultados y por la constatación entre los grupos de trabajo y la del profesorado.

5.4. Cuarta fase: análisis de datos

Esta fase se desarrolló en un encuentro, en el que participaron de manera conjunta la profesora y el profesor. En la cuarta fase del estudio la actividad se centró en analizar los datos recogidos, recuperando las respuestas a los diferentes interrogantes estudiados en las fases anteriores. En particular, en esta fase, se profundizó en el análisis del cálculo del porcentaje de la tasa de almidón, que se describe a continuación. En la tabla 3 se indica el cálculo efectuado por 3 grupos de estudiantes, cada uno representante de las tres condiciones a las que fueron sometidas las plantas.

Tabla 3. Cálculo del porcentaje de la Tasa de Almidón

Semanas	Caso 1 Condiciones favorables	Caso 2 Condiciones desfavorables	Caso 3 Combinación de condiciones favorables y desfavorables
1-2	1,663	1,665	1,662
3-4	1,654	1,67	1,752
5-6	1,65	1,663	1,823
7-8	1,632	1,682	1,895
9-10	1,6156	1,73	1,954
11-12	1,6121	1,871	1,98

En la Tabla 3 se indica el porcentaje de almidón de los tres casos que fueron sometidas las plantas a distintas condiciones durante 12 semanas, en función de los registros realizados por el estudiantado. Se puede observar que en el Caso 1 (Condiciones favorables) al transcurrir las semanas el cálculo realizado para averiguar el porcentaje de almidón que almacenan las plantas, precisamente en la noche cuando estas no disponen de luz solar, se aproxima al número de oro. En las últimas semanas se puede observar mayor aproximación al número de oro que en las primeras semanas. La noción de número de oro emergió en el material de estudio que el alumnado revisó junto a la profesora de Biología. Esta noción fue retomada por el profesor de Matemática a partir del texto (Corbalán, 2010) proporcionado por el docente.

Ante estos resultados, la profesora de Biología destacó al estudiantado que el cuidado de la planta y la toma de datos fue por tres meses, si se hubiera avanzado en el tiempo, este porcentaje se iba a mantener hasta que la planta volviera a reproducir su ciclo. En el Caso 2 (Condiciones desfavorables) y el Caso 3 (Combinación de condiciones favorables y desfavorables) el porcentaje de la tasa de almidón tiene una disparidad en todas las semanas a causa de variar las condiciones a las que son expuestas las plantas.

4.5 Quinta fase: Presentación en la feria de la escuela

Esta fase se desarrolló en 4 encuentros, en los que los profesores trabajaron de manera individual con el estudiantado. La etapa final del estudio consistió en la presentación de la experiencia y los resultados en la Feria de Ciencias organizada por la institución. Esta tarea demandó que el estudiantado recupere todo lo realizado en las diferentes fases que contempló el dispositivo didáctico, y reorganicen sus resultados para poder comunicar sus experiencias al público en general. En la siguiente imagen se puede observar parte de las producciones del alumnado para la feria.

Imagen 7. Exposición de los trabajos en la Feria de Ciencias.



6. Conclusiones

En este trabajo se reportan resultados de la gestión de un dispositivo didáctico en el que trabajaron de manera cooperativa una profesora de Biología, un profesor de Matemática y 33 estudiantes de la escuela secundaria. En este trabajo la actividad cooperativa se basó en la heterogeneidad del estudiantado, que pudieron interactuar entre ellos, asumiendo diferentes roles en el seno de cada pequeño grupo, para luego difundir a toda la comunidad de estudio sus resultados.

El dispositivo didáctico tuvo como propósito que el estudiantado comprenda las características de las plantas a medida que transcurre el tiempo en condiciones particulares. En el estudio se procuró la interacción de dos disciplinas: la Matemática y la Biología, en una dinámica de estudio basada en que sean las y los estudiantes quienes formulen pares de preguntas y respuestas. La disposición a aceptar preguntas que aún no fueron respondidas estuvo instalada desde el inicio del estudio y sostenida por el profesorado. El estudio se inició con la proyección de un video en el que se ofrece información acerca de las nociones que vinculan a la sucesión de Fibonacci con la Biología, pero no instala la necesidad de indagar en el crecimiento de las plantas, buscar regularidades y elaborar algún modelo matemático que explique y prediga el comportamiento observado. En el video todo está indicado; no se generan situaciones que despierten curiosidad y la formulación de preguntas para dar explicaciones sobre las mismas.

Se infiere que la problematización de la propuesta no resultó ser evidente para el estudiantado, reduciendo el dispositivo didáctico a una demanda del profesorado. Siguiendo los últimos desarrollos de la TAD es necesario que el estudiantado adopte ciertas posturas hacia el aprendizaje denominadas actitudes: se requiere esencialmente que las y los estudiantes reconozcan la problematización de las situaciones vividas y formulen y respondan sus propias preguntas. Cuando las diferentes etapas del trabajo están marcadas por situaciones problemáticas, se favorece a que el alumnado explore e indague para construir soluciones.

Durante el estudio, la formulación de preguntas tuvo un desequilibrio en cuanto a la disciplina a la que refieren. En su mayoría, las preguntas se vinculan a la Biología, mientras que las que refieren a nociones de Matemática estuvieron condicionadas a las intervenciones del profesor. Durante el estudio, la Matemática se manifestó como útil en los cálculos realizados en el porcentaje de la tasa de almidón, que fue propuesto por la

profesora de Biología. La sucesión de Fibonacci surgió como imposición desde el inicio del estudio a partir de la proyección del video; no se identificaron instancias en la que las y los estudiantes manifiesten relaciones con la disposición de las hojas de las plantas y la información que proporciona el video. La necesidad de la Matemática para el estudio podría haber sido evidente si se hubiese profundizado en los registros de las y los estudiantes. Se podrían haber registrado datos cuantitativos de la experiencia como ser número de hojas, altura de la planta o número de pimpollos, que complementa el análisis cualitativo que realizaron las y los estudiantes. Este estudio podría demandar recurrir a nociones de estadística, sucesión, aproximación, medición, etc.

El dispositivo didáctico propuesto por el profesor de Matemática y la profesora de Biología permitió trascender la enseñanza tradicional de las disciplinas disgregadas. Si bien, la propuesta estuvo regulada por el profesorado, el estudiantado formuló sus preguntas y aportó sus respuestas mediante la indagación en diferentes media. Se requiere profundizar en la formación del profesorado para que estos cambien su rol y modifiquen la tendencia a dirigir al estudiantado orientando y facilitando los aprendizajes. La sociedad actual con sus cambios acelerados y su alto nivel de incertidumbre requiere de estrategias educativas que desarrollen las capacidades de autonomía e iniciativa personal. La educación integral que podemos promover con un trabajo codisciplinar requiere abrir espacios para el intercambio, fomentar la comunicación, promover la democracia en el aula y animar la mirada respetuosa de cada uno sobre el otro.

Referencias

- Algodemates. (15 de mayo de 2023). *Fibonacci en las plantas* [Archivo de video] https://www.youtube.com/watch?v=dfQ0sjk_r08
- Alsina, C. (2007). Si Enrique VIII tuvo 6 esposas, ¿Cuántas tuvo Enrique IV? El realismo en educación Matemática y sus implicaciones docentes. *Revista Iberoamericana en investigación*, 43, 85-101.
- Balbiano A., Castro A., Iudica C. y Molinari Leto N. (2018). *Biología 3, Intercambio de información y control en los sistemas biológicos*. Buenos Aires: Santillana Vale Saber.
- Bosch, M. & Gascón, J. (2009). Aportaciones de la Teoría Antropológica de lo Didáctico a la formación del profesorado de Matemáticas de secundaria. En M.J. González, M.T. González & J. Murillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIII* (pp. 89- 113). Santander: SEIEM.
- Briggs, H. (24 de junio de 2013). *Las plantas usan las Matemáticas para sobrevivir*. *BBC-News*. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/06/130624_ciencia_plantas_matematicas_alimentos_noche_jp
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19/2, 221-266.
- Chevallard, Y. (2013). Enseñar Matemáticas en la Sociedad de Mañana: Alegato a favor de un contraparádigma emergente. *REDIMAT*, 2(2), 161-182.
- Chevallard, Y. (2017). ¿Por qué enseñar Matemáticas en secundaria? Una pregunta vital para los tiempos que se avecinan. *La Gaceta de la RSME*, 20(1), 159–169.
- Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: An attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 71-114.
- Corbalán, F. (2010). Capítulo 1. El número de Oro. En F. Corbalán (Autor). *La proporción áurea*. España: RBA Coleccionables S. A.
- Corica, A. (2022). El estudio interdisciplinar de la matemática en la escuela secundaria y la formación de profesores. *Revista de Educación*, 25(1), 269-292.

- D'Amore, B., Godino, J., & Fandiño, M. (2008). *Competencias y Matemáticas*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Dirección General de Escuelas de la Provincia de Buenos Aires. (2008). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria Matemática 3° año*. Dirección General de Cultura y Educación. Disponible en: https://abc.gob.ar/secretarias/sites/default/files/2021-05/educacion_secundaria_3deg_ano.pdf
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw - Hill.
- Ministerio de Educación de la Nación. (2017). *Marco de Organización de los Aprendizajes para la Educación Obligatoria Argentina (MOA)*. Anexo Resolución CFE Nro 330/17. Buenos Aires: Presidencia de la Nación.
- Otero, M., Fanaro, M., Corica, A., Llanos, V., Sureda, P., Parra, V. (2013). *La Teoría Antropológica de lo Didáctico en el aula de Matemática*. Buenos Aires: Dunken.
- Pochulu, M. (2018). *La modelización en Matemática: marco de referencia y aplicaciones*. Villa María: GIDED.
- Vazquez, C. (1997). *¿Cómo viven las plantas?* México: Fondo de Cultura económica.