

ABP en la escuela secundaria: análisis de la gestión de un proyecto sobre el crecimiento de plantas y sus vínculos con la matemática

Emanuel Ángel Berardi

Esc. de Educ. Secundaria N°17 “Pueblos Originarios”

Mar del plata, Buenos Aires, Argentina.

emanuel_20mdq@live.com

Ana Rosa Corica

CONICET – NIECyT- UNCPBA

Tandil, Buenos Aires, Argentina

acorica@exa.unicen.edu.ar

Resumen: *Las nuevas propuestas ministeriales para la escuela secundaria en Argentina proponen un estudio codisciplinar, como medio para superar la fragmentación de la enseñanza y del aprendizaje, proponiendo el diálogo, la articulación y la vinculación entre los saberes. Con fundamento en la Teoría Antropológica de lo Didáctico analizamos la gestión del saber matemático en el desarrollo de un proyecto codisciplinar vinculado al estudio del crecimiento de plantas. Los principales resultados indican que el trabajo por proyectos posibilitó que los protagonistas sean los estudiantes: estos formularon y respondieron preguntas logrando autonomía y responsabilidad para la búsqueda de información en diversas fuentes.*

Palabras clave: *Aprendizaje Basado en Proyectos, Escuela Secundaria, Matemática.*

PBL at high school: analysis of project management on plant growth and its links to mathematics

Abstract: *The new ministerial proposals to high school in Argentina propose a co-disciplinary study, as a means to overcome the fragmentation of teaching and learning, proposing dialogue, articulation and the link between knowledge. Based on the Anthropological Theory of Didactics, we analyze the management of mathematical knowledge*

in the development of a co-disciplinary project linked to the study of plant growth. The main results indicate that project work enabled the protagonists to be the students: they asked and answered questions, achieving autonomy and responsibility for the search for information from various sources.

Keywords: *Project-Based Learning, High school, Mathematics.*

INTRODUCCIÓN

En Argentina se han implementado evaluaciones nacionales de aprendizajes desde hace más de dos décadas. Aprender es el operativo de evaluación que se desarrolla anualmente desde el año 2016, y permite obtener información acerca de los niveles de desempeño alcanzados por los estudiantes que se encuentran cursando la educación obligatoria. Desde que se implementa esta evaluación para observar los desempeños en el área de matemática, los resultados no son los deseados (Secretaría de Innovación y Calidad Educativa, 2018). En los últimos años, en Argentina se propuso un cambio de la educación secundaria fundamentado en el enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), como una posible solución al problema de los resultados desalentadores en la escuela secundaria (Ministerio de Educación de la Nación, 2017).

Las nuevas propuestas ministeriales sostienen un estudio interdisciplinar, el que tiene como objetivo superar la fragmentación de la enseñanza y el aprendizaje, proponiendo el diálogo, la articulación y la vinculación entre los saberes. Los problemas complejos que se plantean en las sociedades actuales requieren de la integración de saberes provenientes de las distintas disciplinas a fin de ser analizados y sintetizados en un saber integrado que posibilite crear productos, plantear interrogantes a fin de construir diferentes explicaciones o propuestas de solución a esos problemas. Se orienta a que los estudiantes aborden los hechos desde una visión global, no fragmentada, que les permita dar significado a los desafíos que se les presentan y la oportunidad de desarrollar el conocimiento en la participación activa. Esta perspectiva demanda a los docentes desarrollar un trabajo pedagógico conjunto, cooperativo, articulado, a fin de organizar la enseñanza desde un diálogo entre los conceptos, las metodologías, los procesos y procedimientos y la propuesta de actividades interdisciplinarias (Ministerio de Educación de la Nación, 2017).

El trabajo interdisciplinario a través de los saberes coordinados y el aprendizaje basado en proyectos y problemas favorece el trabajo colaborativo y cooperativo; crea espacios de diálogo y genera oportunidades de intercambio y discusiones en torno de situaciones relevantes para los estudiantes por medio de nuevas propuestas curriculares; de esta manera se exige desarrollar capacidades para investigar e innovar, ser creativos y hacer uso de los medios y recursos que contribuyan a optimizar los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Dirección de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, 2017).

En la provincia de Buenos Aires en Argentina, las nuevas propuestas ministeriales se han comenzado a experimentar a partir del programa de Escuelas Promotoras. Este programa tiene como propósito contribuir a mejorar las trayectorias escolares y los aprendizajes de los estudiantes del nivel secundario, disminuir las tasas de repitencia y abandono escolar, incrementar la terminalidad/ graduación y aportar al clima escolar en general. En

el año 2018 se dio inicio a esta experiencia pedagógica, implementándose en 600 escuelas de la Provincia de Buenos Aires, 295 de gestión estatal y 305 de gestión privada. La implementación comenzó por el primer año de la educación secundaria básica (Dirección de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, 2018).

En este trabajo se reportan resultados de una investigación desarrollada en una escuela secundaria que se encuentra dentro del programa Escuelas Promotoras.

Objetivo:

El objetivo de la investigación es comprender la gestión del saber matemático en el desarrollo de un proyecto codisciplinar, en el que trabajaron de manera cooperativa un profesor de matemática y otro de biología para el estudio del crecimiento de las plantas.

EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

William Heart Kilpatrick trazó las bases de la *metodología por proyectos* a principios del siglo XX. Esta propuesta sostiene una “filosofía experimental de la educación” (Kilpatrick, 1967b, 72) en la que el conocimiento se adquiere a través de la experiencia. Así mismo, critica la fragmentación del conocimiento en materias, asignaturas o áreas, porque aprender aisladamente significa que “el alumno no ve o siente la utilidad o pertinencia de lo que se enseña para ningún asunto que le interesa en el presente, y por tanto no se adhiere inteligentemente a la situación actual” (Kilpatrick, 1967a, 49). De esta manera, se propone un nuevo programa escolar en el que las áreas se reúnan “desde el punto de arranque de las necesidades del alumno” (Kilpatrick, Rugg, Washburne y Bonner, 1967, 29). En esta propuesta se incorporan las ideas de John Dewey adoptando una concepción más participativa, comprometida e implicada de la escuela (op. cit, 1967b, 64). No todos los proyectos comparten la misma finalidad, en particular, Kilpatrick propone cuatro tipos de trabajo por proyectos según la finalidad: elaboración de un producto final; conocer un tema y disfrutar con su conocimiento o experiencia; mejorar una técnica o habilidad concreta; o resolver un problema intelectual desafiante para el protagonista (Masferrer y Baqueró, 2014).

En la enseñanza por proyectos los estudiantes aprenden de su propia experiencia. De manera cooperativa los estudiantes buscan información, la manipulan, la ordenan y la presentan convenientemente, examinan nuevas fuentes, buscan en internet. De esa forma, plantean problemas, hipótesis, las resuelven, se confunden, reflexionan, piden ayuda, se coordinan con los compañeros, deciden, actúan; todo esto con la finalidad de saciar la curiosidad del tema propuesto de manera consensuada. Como en cualquier trabajo en equipo cada estudiante asume un papel diferente en el mismo: de liderazgo, conciliador, creativo, pasivo o ácrata. A la hora de cooperar puede ocurrir que todos los componentes del grupo aporten de la misma manera, que se produzcan descompensaciones o que la cooperación desaparezca. En esta tercera vía los estudiantes más dominantes atenúa la participación de aquellos más tímidos, tal y como ocurre en la enseñanza tradicional. El profesor debe reconducir estas situaciones para que todas las personas puedan

tener voz dentro del grupo. También es normal que un área actúe como motor de un proyecto. No obstante, es necesario explorar vías para que todas las áreas curriculares tengan presencia, siempre y cuando dicha presencia no sea forzada; con la finalidad de no perpetuar la clásica división entre áreas de mayor y menor reconocimiento social y curricular. Es una disyuntiva en la que el profesor dentro de su papel como director del estudio debe elegir la opción más conveniente (Masferrer, Baqueró, 2014).

MARCO TEÓRICO

En esta investigación se adopta como referencial teórico a la Teoría Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 1999, 2013, 2017). El plan de renovación de la escuela secundaria Argentina (Ministerio de Educación de la Nación, 2017) adopta un paradigma pedagógico en el que los objetivos educativos que promueve, los medios que considera útiles y los fenómenos a los que reacciona son genéricos, independientes de las disciplinas específicas. Sin embargo, esta propuesta no resulta suficiente para atender a la problemática de aprendizaje de la matemática en Argentina que fue reportada en el último año (Secretaría de Innovación y calidad Educativa, 2018). Para atender esta problemática se requiere de un paradigma didáctico, el cual depende de una disciplina escolar concreta y de una manera de organizar su proceso de estudio. En el caso particular de la matemática Gascón y Nicolás (2018) lo denominan paradigma didáctico - matemático. Un paradigma pedagógico presupone una forma de interpretar la educación escolar globalmente, la que considerada y responde a determinados fenómenos que afectan al proceso de estudio escolar en su conjunto. Por su parte, un paradigma disciplinar didáctico-matemático asume una forma específica de interpretar la educación matemática, responde a fenómenos disciplinares y propone fines y medios más operativos. En particular, el ABP y la TAD comparten los mismos valores epistemológicos, que es el rol otorgado al proceso de indagación y a las respuestas existentes en la cultura. 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. Este referencial sostiene un cambio en la concepción de la enseñanza y en particular de la Matemática proponiendo el paradigma del cuestionamiento del mundo. Esta resulta ser compatible con el ABP, siendo que el estudio codisciplinar es el eje central de ambos enfoques. 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 implica la realización de un conjunto de gestos didácticos por parte de alumnos y de profesores que se sintetizan en: actitud de problematización (reconocer la problematización de las situaciones vividas y formular las preguntas), actitud herbartiana (disposición a aceptar preguntas que aún no fueron respondidas), actitud procognitiva (estar preparado para estudiar y aprender campos de conocimiento nuevos), actitud exotérica (supone permitirse no saber, aún en el dominio de la propia especialidad) (Chevallard, 2012). En esta propuesta, el profesor tiene que desplazarse del papel de protagonista principal hacia un profesor que *crea circunstancias*. En particular,

en este paradigma, al igual que en el enfoque de ABP el profesor se aleja totalmente del transmisor de contenidos, del ejecutor de lo que dicen otros o del experto en estrategias de aprendizaje y competencias básicas. Lejos de tratarse de un profesor ausente, se trata de un director del proceso de estudio y de investigación, capaz de incidir oportuna y eficazmente para hacer evolucionar el estudio.

METODOLOGÍA

En esta investigación se propone una metodología cualitativa de corte exploratoria, descriptiva e interpretativa (Hernández; Fernández; Baptista, 2016). Se describe la gestión de un proyecto codisciplinar desarrollado por un profesor de matemática y un profesor de biología, en una escuela secundaria argentina. El proyecto se originó a partir de las nuevas disposiciones ministeriales que implica el trabajo conjunto de profesores de diferentes disciplinas (Dirección de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, 2019). El proyecto se inició con la proyección de un video que tiene como propósito comprender el crecimiento de las plantas. En particular, la matemática ocupa un lugar destacado para describir este comportamiento a partir de la sucesión de Fibonacci.

El desarrollo del proyecto requirió de 22 clases, que equivalen a 44 horas reloj. En la estructura actual de la escuela secundaria de la provincia de Buenos Aires representó 18 horas del espacio de matemática y 26 horas del espacio de biología. De las 26 horas de biología, en 16 horas se desarrolló una actividad conjunta de los dos profesores. Esto constituyó una modificación de la estructura actual de la escuela secundaria, siendo que si bien el plan de renovación de la escuela secundaria argentina interpela por un trabajo interdisciplinario, aun la estructura de la institución escolar no contempla espacios en los que tenga oportunidad el trabajo conjunto de profesores con los estudiantes.

Para cada sesión de la implementación, el investigador realizó notas de campo, y se recogió las producciones escritas de los estudiantes para su análisis.

Características del curso en el que se desarrolló la investigación

El proyecto se desarrolló en un curso de tercer año, en una escuela secundaria pública de gestión privada en Argentina, que participa de la experiencia Escuela Promotora desde 2018. En 2017 esta escuela, como proyecto institucional, comenzó a trabajar en ABP, por lo que se trata de una escuela con tres años de experiencia en la gestión de enseñanza en saberes coordinados.

En el curso en el que se desarrolló el proyecto 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). El curso estaba compuesto por 33 estudiantes cuyas edades oscilaban entre 14 y 15 años.

Los profesores para llevar a cabo esta propuesta, decidieron realizar distintos encuentros con los estudiantes: algunos de ellos se desarrollaron en conjunto con los dos profesores y otros por separado. La primera clase, en la que participaron los dos profesores, se realizó como actividad introductoria en el marco de la neurociencia, específicamente

la biodanza. Esta consistió en trabajar con el cuerpo a través de un objeto (globos) donde los estudiantes tenían que realizar distintas actividades en las que se requería la ayuda de compañeros. Esto se realizó para fortalecer el trabajo en equipo y así consolidar la dinámica vincular entre pares, y poder comprender la importancia que tiene para la realización de este proyecto la cooperación de compañeros y docentes.

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

Una de las fases del estudio requirió que los estudiantes busquen información. La institución en la que se desarrolló la investigación cuenta con biblioteca y acceso a internet. Esto permitió realizar búsquedas en la institución según la demanda de los grupos, siendo que también se contó con notebooks y celulares aportadas por los estudiantes.

Para realizar la toma de apuntes los alumnos utilizaron 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. Ese método se implementa desde el año 2016 en la institución y se aplica en todas las materias de los seis años. Esto posibilita que los estudiantes cuenten 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. Así también permite estudiar del apunte de forma más sencilla porque la idea de tener una sección lateral para anotar conceptos, claves y preguntas posibilita observar los apuntes, tapar con la mano o una hoja la sección principal mientras se lee la columna izquierda y constatar si el lector puede responder las preguntas planteadas.

ANÁLISIS DEL PROYECTO DESARROLLADO EN LA ESCUELA SECUNDARIA

El proyecto que se describe a continuación tiene como objetivo que los estudiantes analicen el crecimiento de plantas. Esta propuesta fue originada por un profesor de matemática y uno de biología, quienes trabajaron de forma cooperativa en la gestión del proyecto.

El desarrollo de la propuesta requirió que los estudiantes cultivaran una planta en sus hogares, la sometieran a diferentes situaciones y registren el comportamiento de la planta a medida que transcurrían los días. La difusión de los resultados del proyecto tuvo lugar en la Feria de Ciencias de la institución, en la que participan todos los estudiantes de la escuela y puede ser visitada por público en general.

En el marco del proyecto que se describe en este trabajo, dos profesores en sus espacios curriculares, dieron lugar a la realización de otros proyectos. El profesor a cargo de la materia Construcción de la Ciudadanía generó una propuesta con los estudiantes con fines solidarios: propusieron donar las plantas cultivadas a distintos hogares de abuelos

de la ciudad. A su vez, la profesora a cargo de la materia Plástica propuso la construcción de bosquejos relacionados con plantas mediante el empleo de diversas técnicas.

A continuación se describen las cinco fases que contempló el proyecto desarrollado. En la primera fase los profesores propusieron analizar un video en el que se expone el vínculo de la matemática con el análisis del crecimiento de plantas. Esto generó que se formularan pares de preguntas y respuestas vinculadas a la matemática y a la biología. La segunda fase consistió en que los estudiantes cultivaran plantas bajo determinadas condiciones y registraran sus comportamientos. La tercera fase consistió en que los alumnos formularan y respondieran nuevas preguntas en función de la experimentación realizada. En la cuarta fase del estudio se realizó el análisis de los datos recogidos, y finalmente en la quinta fase se organizó la presentación de la experiencia y los resultados para la feria de ciencias de la escuela.

Primera fase del estudio: formulación y estudio de preguntas en torno a la disposición de hojas en plantas y la sucesión de Fibonacci.

En primer lugar, los profesores propusieron a los estudiantes 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, específicamente, cómo en el crecimiento de las hojas de una planta se vincula a la sucesión de Fibonacci. La tarea de los estudiantes consistió en mirar el video y realizar apuntes mediante el Método de apuntes Cornell.

A continuación, los profesores propusieron a los estudiantes que formularan preguntas sobre la información que brinda el video. Esto requirió que los profesores también aporten preguntas con el propósito de animar a los alumnos a formular las propias, siendo que no estaban habituados a generar y estudiar sus propias preguntas. Las cuestiones propuestas por los estudiantes 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 matemáticas, y la cuarta pregunta hace referencia a nociones de biología. Siendo acotado el número de preguntas formulado por los estudiantes y en función de la información que brinda el video, el equipo de profesores 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 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 las estomas ante la restricción de oxígeno?*

Una vez que se acordaron las preguntas a estudiar los profesores propusieron a los estudiantes responder las preguntas formuladas.

Los estudiantes, en pequeños grupos, realizaron un informe conteniendo las respuestas a las preguntas que surgieron en esta etapa. Para dar respuesta a estas preguntas, los alumnos acudieron a diferentes fuentes de información (libros, revistas científicas y páginas web).

Segunda fase del estudio: experimentación

Para la segunda fase del estudio los profesores solicitaron a los estudiantes una planta. Esta podía ser la que alumnos decidieran, considerando que sea perenne, tal como alguna planta aromática, para que puedan observar los cambios de las mismas durante un lapso de tiempo prolongado. Las plantas estuvieron 3 meses en la casa de los estudiantes, y fueron sometidas a condiciones favorables, adversas y combinaciones de condiciones favorables y adversas.

Cada grupo de estudiantes realizó un estudio distinto en la planta a su cargo y así poder compartir los resultados de las distintas experiencias. Los integrantes de cada grupo tenían asignado roles específicos: algunos se ocupaban de redactar los avances de la investigación, otros se ocupaban 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.

Los profesores acordaron con los estudiantes las pautas para el cuidado de la planta y los registros a realizar en una tabla de la evolución de la misma. Para esto, los estudiantes tuvieron que tener en cuenta:

- Lugar en que se ubica la planta (fuera o dentro de la casa).
- Cantidad de hojas de la planta.
- Forma de riego.
- Las horas que permanecen sin luz solar.
- Tipo de experiencia musical a la que es expuesta la planta y cambios que se observan en su crecimiento.

Las pautas acordadas para el cuidado de las plantas se indican en la tabla 1. Las condiciones hídricas fueron propuestas por los profesores mientras que las condiciones sonoras y lumínicas quedaron a cargo de los estudiantes.

La propuesta de las condiciones a las que debían ser sometidas las plantas, indicadas en la tabla 1, fueron establecidas por los profesores. Estas responden a los factores que engloban las respuestas a las preguntas Q_5 , Q_6 y Q_7 . Queda excluida en esta propuesta el factor oxígeno que fue abordado en la respuesta a Q_8 . El control de variables resulta ser pobre en esta propuesta, siendo que por ejemplo para el caso 1 y el caso 2 los cambios que se producen en la planta no resultan ser claro a qué factor se debe: en los mismos periodos de toma de datos se proporciona la misma cantidad de agua y se altera a la vez la cantidad de horas de exposición al sol y el sonido al que son sometidas las plantas. Esto hace que no se pueda identificar específicamente a qué factor se debe el cambio detectado en las plantas.

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.	

Otra de las indicaciones que dieron los profesores al realizar la experiencia fue que cuando los estudiantes rieguen la planta tengan en cuenta la siguiente fórmula correspondiente a la tasa de almidón. Se destacó que para el transcurso de esta investigación, el porcentaje que arroja esta expresión aporta datos específicos de cuánto azúcar y almidón debe reservar la planta para transcurrir su fase oscura.

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

S= Molécula de almidón (Agua + Luz)

T= Tiempo (4 días = 5760 minutos)

Si bien la tasa de almidón fue introducida por el profesor de biología, este propuso a los estudiantes que buscarán información acerca de la tasa de almidón. Los estudiantes recopilaron información y destacaron que este porcentaje de tasa de almidón brinda la información de la planta cuando 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 el amanecer. En la experiencia que realizaron los estudiantes, se les propuso que realizaran el cálculo de la tasa de almidón cada 4 días. Esto generó que los estudiantes realizaran registros y los organizaran para luego poder comparar entre las tres experiencias y argumentar sobre la importancia de la tasa de almidón en el ciclo de vida de una planta.

Al realizar la experimentación, los estudiantes se enfrentaron a la problemática de organizar la información de sus registros. Los estudiantes con los profesores 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. Los profesores solicitaron a los estudiantes que realizaran la toma de datos cada 15 días y así 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 los estudiantes registraron los cambios observados en las plantas.

Cada grupo de estudiantes confeccionó la tabla volcando los datos que fueron registrando durante 3 meses en el que tuvieron que cuidar a la planta. Se destaca que para la experimentación las plantas fueron dadas en las mismas condiciones.

En la Imagen 1, a modo de ejemplo, se indica la tabla propuesta por el grupo 2. En este caso se indican los registros realizados por el grupo 2 quienes experimentaron con una planta que fue sometida a condiciones desfavorables (Caso 2).

Semanas	Cantidad de Agua, Música y Luz	Cambios
Semana 1-2	Agua: 6 Tazas Música: 20 Horas Luz: 10 Horas	En principio crece el primer pimpollo y surge u. no más pero este comienza a engordar, 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 blancas, los pimpollos son de color violeta opaco, tuvo una leve inclinación hasta estabilizarse nuevamente.
Semana 5-6	Agua: 6 Tazas Música: 27 Horas Luz: 19 Horas	Los pimpollos no se abren y se impiden en caer, algunas hojas comienzan a marchar y caer.
Semana 7-8	Agua: 6 Tazas Música: 16 Horas Luz: 14 Horas	La planta se ve nota un exceso de agua, por ende las hojas comenzaron a pudrirse, los pimpollos totalmente marchitos.
Semana 9-10	Agua: 6 Tazas Música: 3 Horas Luz: 6 Horas	Las hojas de la planta se caen y con bastante en 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 9-10, ha mejorado por la tierra está más húmeda al igual que por las hojas.

Imagen 1. Protocolo del Grupo 2

En los registros indicados en la Imagen 1 se puede observar que los estudiantes, proporcionaron 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 luz solar. Esto hace que no sea claro a qué factor se debe el cambio detectado en la planta durante los diferentes periodos. En la tercera columna de la tabla, los estudiantes indicaron cambios en las características de las hojas, en los pimpollos y la forma de la planta. En particular, en la toma de nota de los estudiantes 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 pudrirse, 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 de los estudiantes se observa que tratan de atribuir a los factores alterados los cambios que observan en la planta. Sin embargo, como todos los factores fueron modificados de manera conjunta no es claro a cuál de ellos se deben los cambios observados en la planta.

En esta presentación también quedaron excluidos 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 de los estudiantes deberían haber sido más amplios, registrando aspectos cuantitativos de los cambios de las plantas, como por ejemplo, cantidad de hojas, disposición, altura de la planta, etc.

El análisis de las tablas confeccionadas por cada grupo permitió analizar el comportamiento de la planta durante el periodo de cuidado en las condiciones establecidas. Las plantas como todo ser vivo recibe estímulos (en este caso, luz, agua, nutrientes del suelo) y responden ante ellos para conseguir la máxima efectividad. La respuesta dada por las plantas a los factores propuestos no fue claramente identificada siendo que fueron más de uno modificado al mismo tiempo.

El estudio realizado a la tabla proporcionada por cada grupo generó la formulación de nuevos interrogantes producto de la interacción entre estudiantes y profesores. Las preguntas que se formularon y las respuestas aportadas conforman la fase 3 del estudio.

Tercera fase el estudio: formulación y estudio de nuevas preguntas

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. Los interrogantes propuestos fueron los siguientes:

Q₁₁: ¿Qué relación encuentran entre el crecimiento de la planta con la sucesión de Fibonacci?

Q_{11.1}: ¿Qué es la filotaxia?

Q_{11.2}: ¿Qué son los estomas?

Q_{11.3}: ¿Cuál es la función de los estomas ante una señal ambiental de luz intensa?

Q₁₂: ¿Cómo se relacionan los factores de luz, temperatura, sonido y estrés hídrico para la supervivencia de la planta?

Q₁₃: ¿Cuál es la hormona que puede estar involucrada en la fabricación de la glucosa en las plantas?

En la primera y tercera fase los profesores tuvieron que estimular en los estudiantes la formulación de preguntas y aportar otras para que los estudiantes profundizaran en el estudio. De este modo, el grupo pudo transitar uno de los gestos fundamentales

del paradigma del cuestionamiento del mundo que es la dialéctica del estudio e investigación. A pesar de que el análisis de las preguntas derivadas de Q_0 fue regulado por los profesores, los estudiantes asumieron la responsabilidad de búsqueda de respuesta, proponiendo y estudiando situaciones concretas. Destacamos que los alumnos aportaron respuestas con la información mínima y no formularon nuevos interrogantes: la necesidad de indagar fue promovida desde un inicio por los profesores y sostenida por los mismos; no se registraron instancias en las que los interrogantes emerjan de manera espontánea de los alumnos. Las respuestas fueron validadas por los conocimientos de los estudiantes y por la constatación entre los grupos de trabajo y los profesores.

Cuarta fase del estudio: Análisis de datos recogidos

En esta cuarta fase los estudiantes centraron sus actividades en analizar los datos recogidos, recuperando las respuestas a los diferentes interrogantes estudiados en las fases anteriores, y en particular, desde el área de la matemática. Las respuestas estuvieron orientadas a abordar el crecimiento de las plantas y su relación con la sucesión de Fibonacci. Se destaca que los profesores propusieron profundizar en nociones de matemática, siendo que la propuesta de los estudiantes profundizó aspectos de biología.

En esta fase, se profundizó en el análisis del cálculo del porcentaje de la tasa de almidón. En la tabla 3 se indica el cálculo efectuado por 3 grupos de estudiantes, cada uno representante de las tres condiciones diferentes 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 los estudiantes. 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 particular, en las últimas semanas se puede observar mayor aproximación al número de oro que en las primeras semanas. Se destaca

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.

Quinta fase del estudio: Presentación en la feria de la escuela

La etapa final del proyecto consistió en la presentación de la experiencia y sus resultados en la feria de ciencias organizada por la institución. Esta tarea demandó que los estudiantes recuperen todas las fases del proyecto realizado y reorganicen sus resultados para poder comunicar sus experiencias al público en general. En la siguiente imagen se puede observar parte de las producciones de los estudiantes para la feria.



Imagen 2. Exposición de plantas con sus respectivas carpetas de campos

CONCLUSIONES

En este trabajo describimos los resultados del desarrollo de un proyecto con estudiantes de tercer año de una escuela secundaria que se encuentra en el programa Escuela Promotora en Argentina. En esta propuesta se buscó un estudio en el que interaccionaron dos disciplinas: la matemática y la biología. Se destaca que las nociones de biología

tuvieron una incidencia mayor en la respuesta de los estudiantes, mientras que las nociones de matemática estuvieron condicionadas a las intervenciones del profesor, siendo que no surgieron de manera espontánea de los estudiantes. Esto lo atribuimos a la forma en que los profesores proyectaron la experiencia y la inexperiencia de los estudiantes en el desarrollo de propuestas en las que intervienen más de una disciplina. En particular, con relación a lo propuesto por los profesores, se destaca que la sucesión de Fibonacci surgió como una imposición desde el inicio a partir de la proyección del video. No hubo instancias en la que los estudiantes observaran las plantas y pudieran encontrar relaciones con la disposición de sus hojas y la información que brinda el video. Por otro lado, la matemática se manifestó como útil en los cálculos realizados en el porcentaje de la tasa de almidón. Esta utilidad de la matemática podría haber sido más evidente si se hubiese profundizado en los registros de los estudiantes: se podría haber registrado datos cuantitativos de la experiencia como ser número de hojas, altura de la planta o número de pimpollos, que complementan el análisis cualitativo que realizaron los estudiantes. Este estudio podría demandar recorrer nociones de estadística, sucesión de Fibonacci, aproximación, medición, etc.

Durante la etapa de experimentación, los estudiantes pudieron observar que al exponer la planta a cambios radicales esta producen modificaciones, siendo algunas reversibles y otras irreversibles. Los cambios que sufrían las plantas que estaban al cuidado de los estudiantes eran producto de ser sometidas a diferentes condiciones. Estas condiciones fueron poco controladas por los profesores y estudiantes, lo que no permitió observar claramente a los factores que respondían las plantas y cómo lo hacían.

Este proyecto resulta de interés para estudiar el crecimiento de plantas y constituye una buena oportunidad para que profesores y estudiantes trabajen de manera cooperativa, pero la propuesta requiere ser reestructurada. El inicio del estudio con la proyección del video seleccionado no generó en los estudiantes interés y vínculos con la biología y la matemática. En el video se exponen directamente las nociones matemáticas involucradas en los fenómenos presentados, pero luego en la etapa de experimentación y análisis de los resultados, las nociones matemáticas no volvieron a emerger de manera espontánea en los estudiantes, solo se recuperaron por las intervenciones de los profesores.

Siguiendo los últimos desarrollos de la TAD es necesario que los estudiantes adopten ciertas posturas hacia el aprendizaje denominadas actitudes: se requiere esencialmente que los estudiantes reconozcan la problematización de las situaciones vividas y formulen y respondan sus propias preguntas. Si bien, la disposición a aceptar preguntas que aún no fueron respondidas estuvo instalado desde el inicio del proyecto y sostenida por los profesores, la problematización de la propuesta no resultó ser evidente reduciendo el proyecto a una demanda de los profesores. 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 dicho: el indagar, el despertar curiosidad por algún fenómeno y generar el estudio se encuentran ausentes.

A la luz de los resultados obtenidos, el inicio de la propuesta podría ser a partir del estudio de las siguientes preguntas: *¿Por qué la naturaleza adopta una forma y no otra?*

¿Es indiferente la forma en la que crecen y se disponen las hojas de una planta? A partir de estas preguntas se podría desarrollar la experiencia que se propuso en el proyecto para registrar el comportamiento de las plantas, recoger y analizar datos, extraer conclusiones. Este podría ser el punto de partida para el estudio de este sistema. Con el modelo se debe poder contrastar información, considerando los valores observados. Esta última etapa resulta sumamente relevante porque posibilita decidir sobre la bondad o no del modelo desarrollado.

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. Aquellos valores y actitudes que debemos enseñar tienen que estar presentes en el aula en forma de experiencias, tales como los proyectos codisciplinarios. Esto requiere que el profesorado cambie su rol y tenga que romper la tendencia a dirigir a los estudiantes orientando y facilitando los aprendizajes. La educación integral que podemos promover con un proyecto codisciplinario requiere abrir espacios para el intercambio, fomentar la comunicación, promover la democracia en el aula, promover la opinión respetuosa de cada uno, etc. Cuando las diferentes etapas del trabajo están marcadas por situaciones problemáticas, favorecen a que los estudiantes exploren e indaguen para construir soluciones. Las actividades no pueden estar totalmente determinadas desde un inicio, sino que deben fluir, adaptarse o modificarse si es necesario, a partir de las interacciones con los estudiantes y los profesores. Esto provocará que los conocimientos no se aprendan de forma lineal, sino que admitan variaciones. En ocasiones, toman protagonismo nociones que no estaban previstas, según cómo van interactuando y fluyendo en el aula. De esta manera, cada proyecto codisciplinar es distinto, porque lo realizan personas diferentes, a pesar de que el tema propuesto sea el mismo.

REFERENCIAS

- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Grenoble, 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.
- Dirección de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires (2017). *Saberes coordinados y aprendizaje basado en proyectos: hacia una enseñanza compartida para lograr aprendizajes integrados. Documentos de actualización curricular*. Disponible en: http://abc.gov.ar/nuevoformatosecundaria/sites/default/files/documento_saberes_coordinados_y_abp.pdf
- Dirección de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires (2018). *Escuelas promotoras, evaluación de impacto*. Disponible en: http://abc.gov.ar/nuevoformatosecundaria/sites/default/files/informe_promotoras_13_dic_2018.pdf
- Dirección de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires (2019). *Orientaciones sobre el trabajo docente colaborativo y planificación compartida. Experiencia Escuelas Promotoras*. Disponible en: <http://abc.gov.ar/secundaria/sites/default/files/documentos/>

orientaciones_sobre_el_trabajo_docente_colaborativo_y_planificacion_compartida_0.pdf

- Gascon, J., Nicolás, P. (2018). Paradigmas didácticos y reforma curricular: el caso de la teoría antropológica de lo didáctico. *Congrés internacional de la TAD, VI*. Autrans, 22 - 26 Ene. 2018.
- Hernández, R., Fernández, C.; Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Kilpatrick, W. (1967a). La teoría pedagógica en que se basa el programa escolar. En Kilpatrick, W., Rugg, H., Washburne, G., Bonner, F (Eds), *El nuevo programa escolar* (p. 39-72). Buenos Aires: Editorial Losada.
- Kilpatrick, W. (1967b) La filosofía de la educación desde el punto de vista experimentalista. En Kilpatrick, W., Breed, F., Horne, H., y Adler, M. *Filosofía de la Educación* (p. 15-74). Buenos Aires: Editorial Losada.
- Kilpatrick, W., Rugg, H., Washburne, C., Bonner, F. (1967) *El nuevo programa escolar*. Buenos Aires: Editorial Losada.
- Masferrer, F., Baqueró, M. (2014). *8 ideas Clave. Los proyectos interdisciplinarios*. Barcelona: GRAÓ
- 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.
- Secretaría de Innovación y Calidad Educativa. (2018). *Marco Nacional para la Mejora del Aprendizaje en Matemática*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología.