

Estudio del cambio climático desde la enseñanza de la Matemática en el nivel secundario a partir del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): posibilidades y obstáculos

María de los Ángeles Fanaro¹
Elena Cardoso²

(¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina)

(²Dirección General de Cultura y Educación. Argentina)

Fecha de recepción: 15 de noviembre de 2021

Fecha de aceptación: 10 de diciembre de 2021

Resumen

En este trabajo presentan los resultados de un estudio exploratorio y descriptivo acerca de una experiencia de enseñanza y aprendizaje basada en proyectos en el área de Matemática al proponer el estudio del cambio climático, llevada a cabo en un curso de sexto año de una Escuela Secundaria. Toma como punto de partida la necesidad de implementar propuestas de enseñanza que contribuyan a la significatividad de la matemática que se estudia en la Escuela Secundaria. Se presenta así un análisis respecto de las posibilidades y obstáculos que se presentaron en la vivencia de un proyecto enfocado en el Cambio Climático.

Palabras clave

ABP; Cambio climático; Enseñanza; Matemática; Escuela Secundaria

Title

Study of climate change from the teaching of Mathematics at the secondary level from Project-Based Learning (PBL): possibilities and obstacles

Abstract

This paper presents the results of an exploratory and descriptive study about a teaching and learning project-based experience in the area of Mathematics when proposing the study of climate change, carried out in a sixth-year course of a Secondary School. It takes as a starting point the need to implement teaching proposals that contribute to the meaningful of mathematics studied in Secondary School. Thus, an analysis is presented regarding the possibilities and obstacles that arose in the experience of a project focused on Climate Change

Keywords

PBL; climate change; teaching; Mathematic; secondary school

1. Introducción

En el año 2017 el Ministerio de Educación de la Nación Argentina puso en práctica la implementación de programas que incluían la alteración del formato escolar del nivel secundario sustentando en el llamado trabajo por proyectos, o Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Este enfoque, encuadrado junto a otras perspectivas dentro de las llamadas “pedagogías activas”, se considera alternativo al enfoque tradicional de la enseñanza, en la cual se utiliza generalmente la lección magistral, donde la enseñanza y el aprendizaje se basan en el esquema de exposición, escucha, memorización y repetición. Esta forma, donde el centro es el contenido y no el sujeto, dificulta el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo; no responde a las necesidades de cada alumno ni tiene en cuenta sus



ritmos de aprendizaje; impide que sean autónomos y creativos impartiendo una única visión, que además no se adapta a los distintos contextos; simplifican un conocimiento que es cada vez más complejo; y se ofrece de manera fragmentada sin conexión con otros conocimientos que permitan comprender la realidad (Carbonell Sebarroja, 2015). Se reconoce que, el trabajo por proyectos tiene actualmente larga trayectoria en el ámbito educativo (De la Fuente, 2012; Hernández, 2002; Knoll, 1997; Lacueva, 2006; Masferrer y Baqueró, 2014; Perrenaud, 2004, entre otros) aunque es una temática de debate actual. Así, varias publicaciones de otros países reportan la puesta en práctica de esta perspectiva de un trabajo por proyectos en variadas circunstancias y niveles educativos (Rodríguez Sandoval y Cortés-Rodríguez 2010; Mioduser y Betzer 2007; Krauss y Boss, 2013; Flores-Compañ, BellésAgut, Nebot Romero, y Rubio Tintoré, 2019), coincidiendo ellas en el factor motivacional que implica para los estudiantes. Sin embargo, las investigaciones acerca de su implementación en el nivel secundario son incipientes (Fuentes y Riuz 2017; Morales, 2011; Maure y Marimón 2015; Díaz y Fajardo 2014; Massoni, Barp y Dantas, 2018; Domenech-Casal et al. 2018, son algunos ejemplos de ellas).

Considerando a la resolución ministerial antedicha con carácter de reforma, se sigue que, como toda reforma escolar, está influenciada por cuestiones económicas y sociales, busca atender demandas, carencias y disfunciones sociales (Carbonell, 2015). Afectando a la estructura del sistema educativo en su conjunto, debe ubicarse –vivirse–, en las escuelas y en las aulas para que tenga impacto de innovación. Innovación como concepto que no se liga al de modernización de la escuela (incorporación de tecnologías, modas, etc.) sino entendido como una modificación sustancial en la concepción sobre la enseñanza y el aprendizaje. El desafío curricular y de régimen académico que implica para las escuelas secundarias argentinas de hoy llevar adelante los proyectos interdisciplinarios es muy grande, por ello propusimos de comenzar con un proyecto desde la lógica disciplinar, es decir desde la asignatura de Matemática, sin combinar asignaturas.

2. Aportes de las pedagogías del conocimiento integrado: el Aprendizaje basado en Proyectos

La perspectiva de Trabajo por Proyectos, o ABP como comúnmente se lo nombra, constituye, según Carbonell (2015) un representante de lo que él denomina “pedagogías del conocimiento integrado”. Desde ese abordaje amplio, se propone una nueva concepción de la educación y de la escuela que busca romper con los currículos rígidos y la obsesión por la programación de actividades. Así la escuela se plantea como un espacio de experiencias compartidas y reflexionadas y donde el conocimiento se construye desde distintas rutas de acceso, propiciando un aprendizaje más sólido, crítico y comprensivo.

La historia del ABP tiene larga trayectoria; su evolución histórica ha sido bastante desarrollada y puede encontrarse en fuentes como Knoll (2002), Morales (2001), etc. Aún a riesgo de sobresimplificar, es posible ubicar sus orígenes en el siglo XVI donde se planteó en las primeras academias de arquitectura en Europa como un método institucionalizado de enseñanza, en el movimiento de profesionalización de la arquitectura e ingeniería que comenzó en Italia durante los últimos años de ese siglo. Varios siglos más tarde, fue adoptado por filósofos y pedagogos del primer tercio del siglo XX, con exponentes como Decroly, Dewey, Freinet, quienes constituyeron un hito histórico, a partir de los cuales el enfoque comenzó a extenderse y desarrollarse en la educación en Europa y Estados Unidos. Por ejemplo, en España concretamente se comenzó a desarrollar en 1983 en una escuela de Cataluña, y actualmente sigue vigente el proyecto Horizonte 2020 desarrollado en escuelas jesuitas.

En cuanto al trabajo por proyectos ya son numerosos los autores que se encargaron de definir qué es (y que no es) coincidiendo en entenderlo como una estrategia metodológica de enseñanza aplicable a

todos los niveles educativos, estableciendo así sus claves, sus fases, los roles del profesor y del alumno, (Anijovich y Mora, 2009; Giroux, 1990), definiendo en ocasiones los tipos de proyecto y sus fases de desarrollo (Lacueva, 2006). Sin embargo, Hernández (2002) y Vergara (2015) buscando superar este reduccionismo, insisten en que el enfoque por proyectos es mucho más que una metodología, una pedagogía o una fórmula didáctica basada en una serie de pasos. Reconocer que el aprendizaje es una práctica emocional, además de cognitiva y comportamental requiere una nueva mirada a la escuela en su totalidad, considerando primordialmente que la educación en general es un problema político (Terigi 2006; Carbonell Sebarroja, 2015; Masferrer y Baqueró, 2014). Por su parte, el trabajo por proyectos además de conllevar incidencia en la visión política, educativa, curricular, implica profundos cambios en la mirada del mismo conocimiento: se requiere construir una nueva noción de vínculo con los alumnos, enfatizando en otras posibilidades de experiencias de enseñanza y aprendizaje y naturalizando el proceso de enseñanza como un espacio de incerteza, donde no todo está previsto, y que esto, lejos de ser un obstáculo, sea el motor de la búsqueda de conocimientos (Larrosa, 2006)

Así, Carbonell Sebarroja (2015) y Vergara (2015) esclarecen el panorama dando una idea de lo que no implica el trabajo por proyectos: no necesariamente implica el uso de tecnologías, ni es un modelo único de enseñanza (en el sentido de tener que trabajar todo el tiempo por proyectos) ni es algo que los docentes diseñen y los estudiantes realizan. Lo que es esencial es trabajar desde, con y para la realidad: no se hacen supuestos sobre una hipotética realidad –lejana y totalmente desconocida para los estudiantes- de la que se supone un problema a resolver: se trabaja directamente con una situación concreta, con cifras reales y, a ser posible, en la que habitan los alumnos (Carbonell Sebarroja, 2015). La perspectiva epistemológica acerca de la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes requiere deconstruir la idea de generar situaciones artificiales para conseguir que los alumnos aprendan. Lo que sí tiene sentido es que los conocimientos disciplinares, resulten útiles para resolver inquietudes de los estudiantes: que permita responder a sus dudas en torno a un tema o amplíe el marco de análisis sobre un eje temático que se plantee. El ABP tiene un enfoque centrado en el alumno, pero requiere una importante participación del docente (Sánchez, 2013; Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar, 2016), el cual no es un aspecto menor, aunque en este trabajo no sea abordado.

A partir de este marco conceptual/teórico nos propusimos abordar las siguientes preguntas:

1- ¿Qué nociones abordaron los estudiantes en el aula de matemática al vivenciar el proyecto sobre cambio climático?

2- ¿Qué obstáculos y oportunidades se presentaron y cómo se vivenciaron? ¿Qué se puede concluir acerca de la viabilidad de una enseñanza por proyectos en la institución donde se implementó?

3. Metodología

3.1. Contexto de la investigación

Este trabajo se relaciona con un proyecto de investigación más amplio, enfocado en los docentes de la escuela secundaria en formación, que son quienes deberán afrontar el desafío de innovar en sus clases. Realizamos observación participante, ya que la investigadora fue a su vez profesora del curso, y durante las clases registramos en audio las puestas en común, la docente llevó una bitácora, y digitalizamos todas las producciones de los estudiantes. La selección de la institución educativa y del curso fue intencional, ya que se trata de una escuela de enseñanza secundaria de la ciudad de Trenque Lauquen (Provincia de Buenos Aires), que participó del programa Red de Escuelas, un plan que se inició



en el año 2018 y culminó en el 2019, con proyección de acciones en la planificación de los años siguientes, aunque con la situación de emergencia sanitaria en 2020 y 2021, fue poco lo que se logró realizar. La profesora de Matemática del curso habitualmente trabaja con secuencias didácticas incorporando el uso de recursos tecnológicos y el enfoque que implementa para la enseñanza es la resolución de problemas como motor de aprendizaje en términos de Charnay (1988). Su participación en la elaboración y/o implementación de proyectos de enseñanza no es habitual y, por lo tanto, la enseñanza por proyectos resultó una propuesta novedosa, no sólo para los estudiantes sino también para la docente. El proyecto se desarrolló en 10 clases incluyendo el cierre de la propuesta en el aula.

3.2. Desarrollo del proyecto “Cambio climático y desastres naturales”

La implementación de la propuesta se realizó en tres etapas: una primera etapa de exploración y formulación de preguntas que generó en los estudiantes el planteo del problema sobre el cambio climático. En la primera etapa de exploración se realizó un encuentro entre alumnos y se contactó a una especialista ¹ para plantearle las preguntas que los estudiantes formularon luego de la proyección de un video sobre cambio climático y efecto invernadero². Si bien cuando se concurrió al lugar, no fue posible concretar la comunicación vía teleconferencia por dificultades técnicas, la especialista respondió mediante correo electrónico, comunicación telefónica y mensajería de texto. En esta serie de comunicaciones se puso en conocimiento a los alumnos sobre el Plan de Acción sobre Cambio Climático desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación publicado en una serie de documentos divididos por sectores de tratamiento: Bosques, Energía y Transporte³, a los cuales los alumnos tuvieron acceso (y motivó a los estudiantes a formar tres grupos de estudio, uno por cada temática). Del conjunto de preguntas que formularon los alumnos (más de cincuenta preguntas), los estudiantes y la profesora, acordaron en que, por cuestiones de tiempo y relevancia, solamente iban a abordar las siguientes:

- ¿Qué es el cambio climático y por qué es distinto del calentamiento global?
- ¿Cómo se produce y que consecuencias trae el dióxido de carbono?
- ¿Qué aceleración tuvo el calentamiento global en los últimos 10 años respecto de los 10 anteriores?
- ¿Es posible inferir valores futuros en las cantidades de CO₂ en la atmósfera? ¿Se puede construir un modelo matemático que describa este fenómeno?
- ¿Cuáles son las actividades que causan el crecimiento en la emisión de gases en el efecto invernadero?
- ¿Qué acciones podemos realizar para frenar el aceleramiento del cambio climático? ¿Cómo podemos colaborar para que no aumente el efecto invernadero?

En la segunda etapa los estudiantes analizaron la información relacionada al calentamiento global, los factores antropogénicos que lo producen y las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero), encontrando que este fenómeno tiene incidencia directa sobre la aceleración en el cambio climático. Aceptando que las emisiones de GEI y la cantidad de CO₂ en la atmósfera son los principales causantes del calentamiento global y de desastres naturales, decidieron profundizar en esto, para luego buscar relaciones entre la curva que representa la cantidad de CO₂ en la atmósfera y los desastres naturales producidos en las últimas décadas como consecuencia del cambio climático.

Los estudiantes analizaron el gráfico encontrado en la presentación (Power Point) enviada por la especialista convocada (Figura 1) y se propusieron elaborar un modelo matemático para analizar los últimos 20 años (gráfico de la parte derecha de la Figura 1). Esto dio lugar a discusiones sobre el tipo

de crecimiento de la función y argumentos para explicar según consideraran que se trata de un fenómeno de crecimiento uniforme o exponencial.

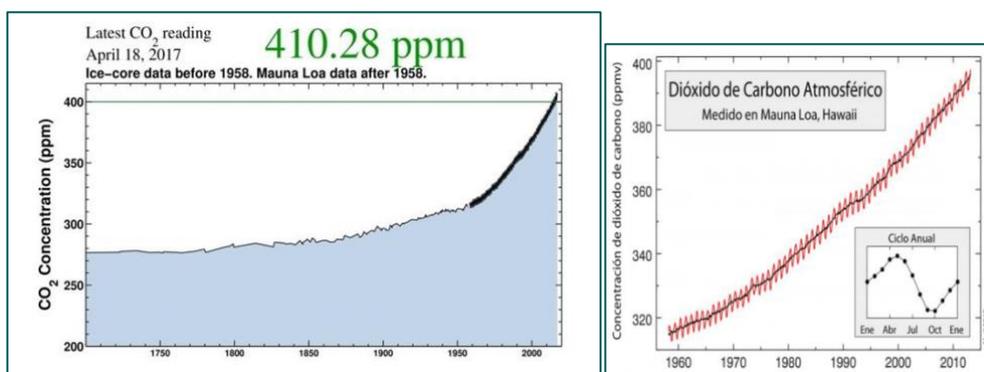


Figura 1: Gráficos obtenidos de la presentación “Cambio climático: Causas naturales y antrópicas” CIMA CONICET. Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Datos del núcleo de hielo. Observatorio Mauna Loa desde 1958. Abril 2017. En la parte derecha de la figura, se muestra una ampliación del gráfico de la izquierda, es decir solamente se considera desde el año 1990 a 2010

En la tercer y última etapa cada grupo elaboró una presentación utilizando material de soporte (folleto, PowerPoint, video) donde explicitaron sus conclusiones en función del trabajo de investigación que realizaron.

En este trabajo, tomamos como categorías de análisis a los elementos clave del ABP, validándolas con las producciones de los estudiantes. En cada etapa de la descripción se realizan las correspondientes reflexiones críticas que permitirán finalmente ofrecer respuesta a los interrogantes planteados.

4. Resultados

4.1 Acerca de las nociones matemáticas estudiadas

En la implementación del proyecto “Cambio climático y desastres naturales”, fue posible que los alumnos recuperaran nociones que habían estudiado en el transcurso de su escolaridad resignificándolas en este nuevo contexto, como lecturas de gráficos de funciones, cálculos de porcentajes, funciones lineales y funciones exponenciales. Además, encontraron una nueva noción que aún no había sido estudiada en el aula: funciones definidas por tramos. A continuación, se detallan los saberes matemáticos estudiados, en qué situaciones fue realizado el encuentro o reencuentro, y el registro del uso que le dieron los alumnos en sus producciones o procesos de búsqueda de respuestas.

4.1.1 Cálculo de porcentajes

Para responder a las preguntas “¿Qué acciones podemos realizar para frenar el aceleramiento del cambio climático?” y “¿Cómo podemos colaborar para que no aumente el efecto invernadero?”, el grupo de alumnos que trabajó en el sector “Energía”, utilizando una calculadora de huella de carbono⁴ (información brindada por la especialista en clima) e ingresando los datos leídos en las facturas de consumo de gas y energía eléctrica aportadas por uno de los integrantes, calculó la cantidad de CO₂ que se produce en ese hogar, tomándolo como referencia.



Basándose en las mismas facturas, los estudiantes compararon consumos mensuales de energía eléctrica para identificar los meses de mayor demanda y la variabilidad de la cantidad de energía en el período de un año. En esa comparación calcularon el porcentaje de ahorro o aumento de energía respecto del mes anterior como se muestra en la Figura 2

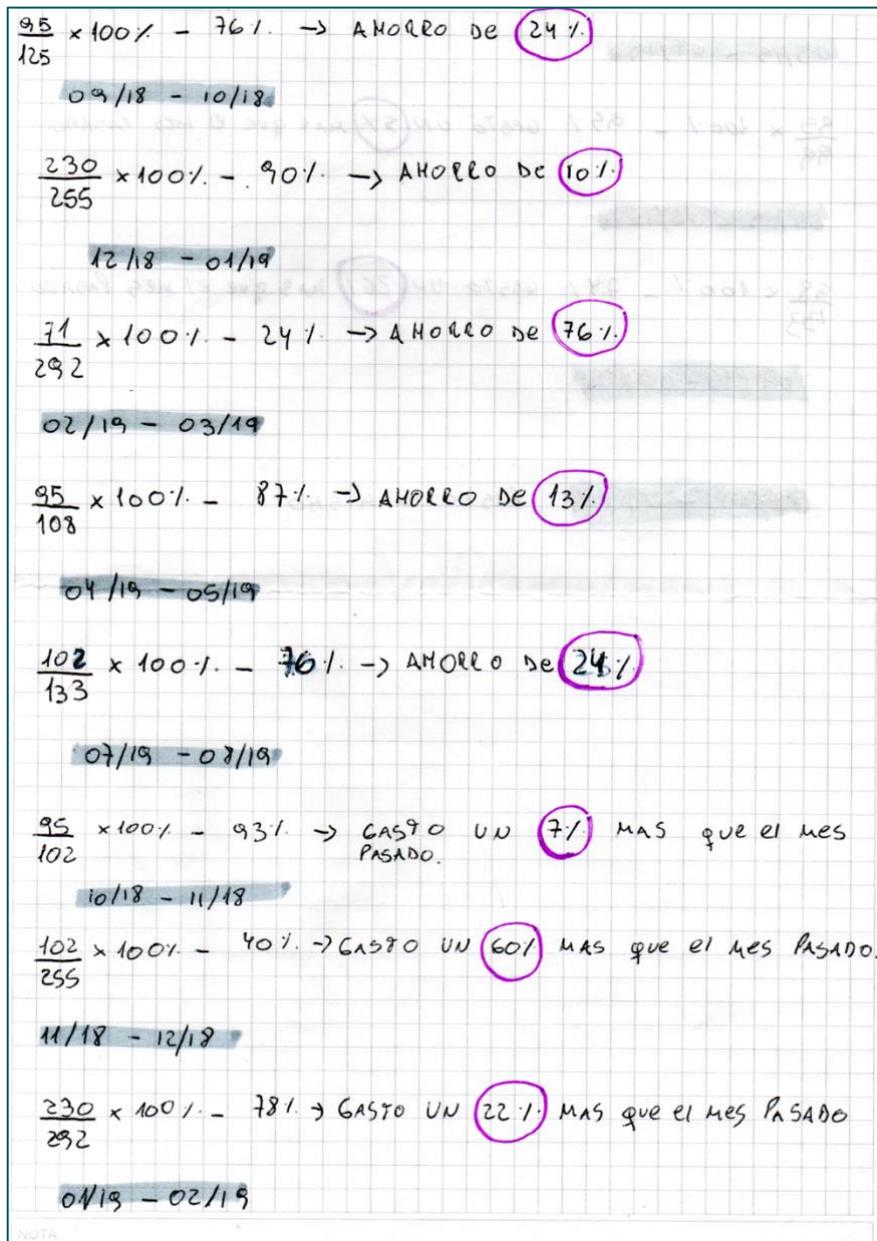


Figura 2: Comparación de consumo de energía eléctrica respecto del mes anterior, expresados en porcentajes. Datos tomados de la facturación recibida en una familia de 6° año- Grupo “Energía”. En las anotaciones figura el registro del análisis de los resultados porcentuales en términos de ahorro o exceso en los consumos observados.

4.1.2 Funciones definidas por tramos lineales

En el mismo grupo, construyeron un gráfico sobre la evolución del consumo de energía en el hogar del alumno que proporcionó la factura eléctrica, con el propósito de hacer más visible la variabilidad del gasto y la relación entre los meses en el período un año. A partir de allí observaron que este gráfico no era posible expresarlo mediante una única fórmula y se enfocaron en describirlo según los tramos que observaron. Según el crecimiento en cada uno de los tramos que definieron, indicaron en qué períodos hubo ahorro respecto del mes anterior o aumentos en el consumo (Figura 3)

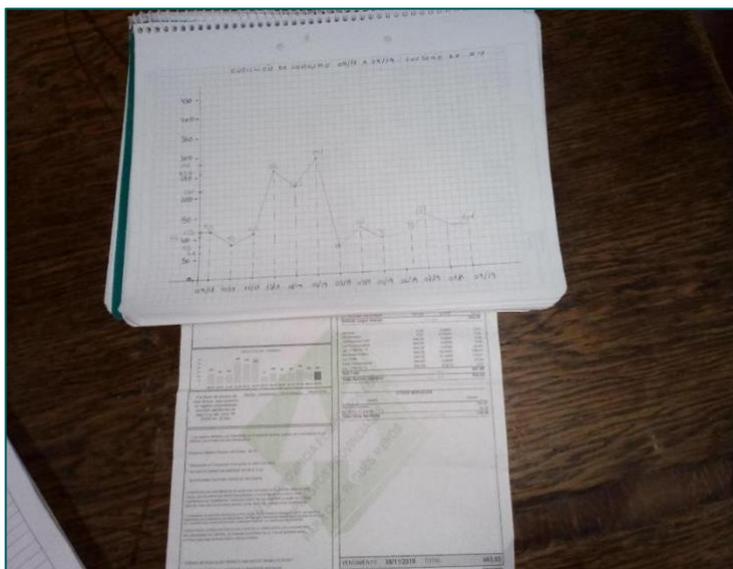


Figura 3. Gráfico construido por los integrantes del Grupo “Energía”.
“Evolución del consumo de energía en una familia tipo”

Más adelante, los estudiantes del Grupo “Energía”, en la búsqueda de datos que relacionaran la cantidad de CO_2 producido por la industria de energía en la Argentina encontraron el inventario que proporciona datos correspondientes al período comprendido entre los años 1990 y 2014. Representaron estos datos en un gráfico y observaron que como en el caso anterior no era posible expresarlo mediante una única fórmula. Aquí los estudiantes se interesaron por la razón de cambio entre los años sobre los que contaban con datos numéricos. Definieron los tramos y calcularon la razón de cambio promedio que buscaban (Figura 4 y Figura 5). En ésta última parte intervino la profesora mediante preguntas apuntando a la necesidad de calcular los parámetros de la ecuación de la recta que contiene el primer tramo, como puede observarse en la Figura 4. Para responder a estas preguntas, los alumnos decidieron que para lo que pretendían resolver, sólo necesitaban del cálculo de la pendiente en cada tramo



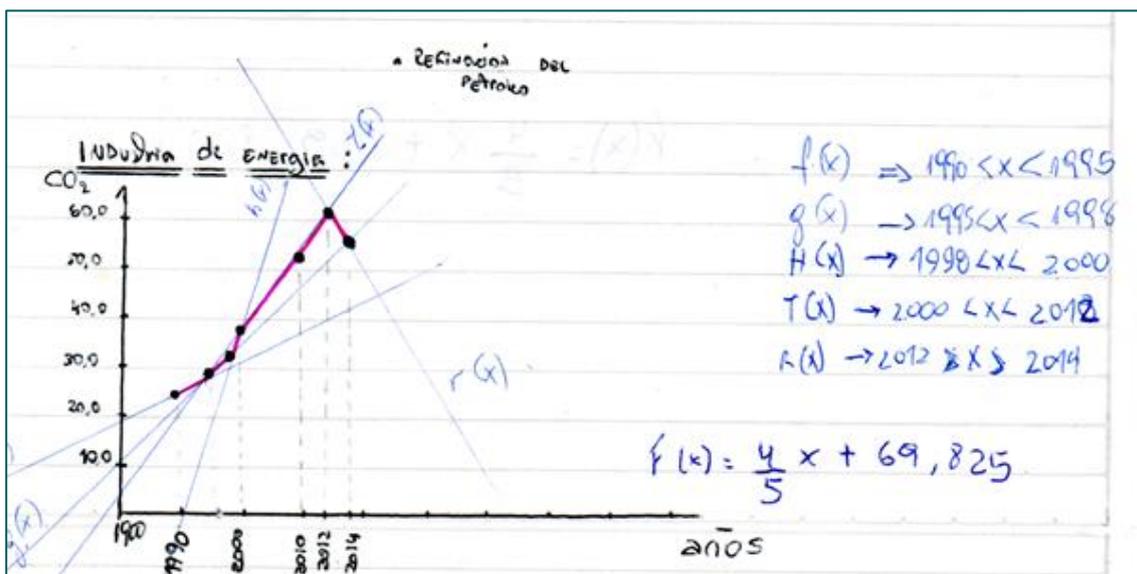


Figura 4. Representación gráfica realizada por el Grupo “Energía”, expresando la Cantidad de CO₂ producido por la industria de energía, en función del tiempo y expresión que los estudiantes construyeron de la función $f(x)$ correspondiente al primer tramo.

Por otra parte, el grupo “Bosques” analizó el gráfico que se muestra en la Figura 5, que representa la evolución de la superficie deforestada de bosques nativos de Argentina, extraída del documento “Plan de acción nacional de bosques y cambio climático”⁵. De manera similar que en el Grupo “Energía”, los estudiantes observaron los tramos de la función y decidieron analizar el incremento de áreas deforestadas en distintos intervalos con la finalidad de calcular la tasa de deforestación en diferentes períodos, según se muestra en las Figura 6 y Figura 7.

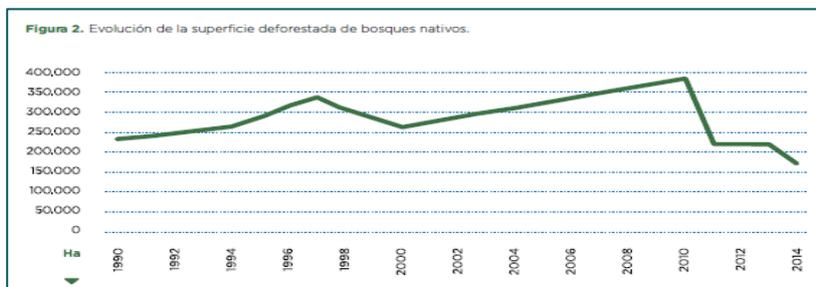


Figura 5. Gráfico observado en el material de apoyo facilitado por la especialista “Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático” Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2017. p.9- Evolución de la superficie deforestada de bosques nativos

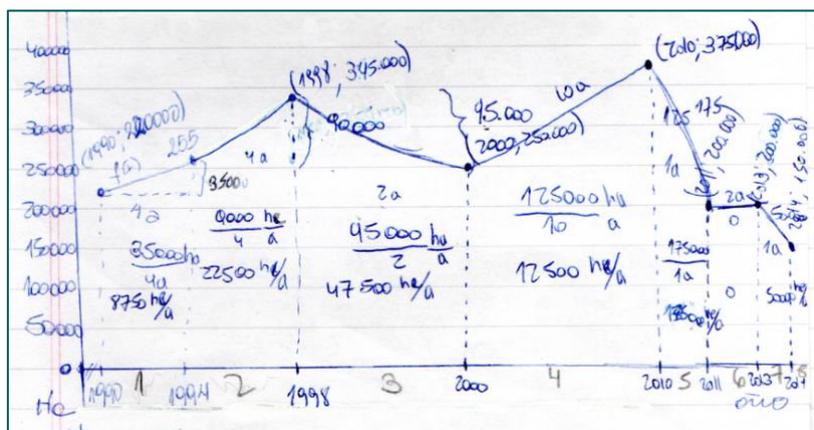


Figura 6. Gráfico reproducido por uno de los alumnos con la finalidad de identificar puntos notables y basándose en los datos obtenidos, calcular la tasa de deforestación anual en diferentes períodos.

A continuación, en la Figura 7 se puede notar la descripción sobre la variabilidad de deforestación en diferentes períodos de tiempo de acuerdo a los datos que muestra la gráfica. En la misma, se incluye la apreciación respecto del aumento o decrecimiento en cada tramo de la cantidad de hectáreas deforestadas respecto del período anterior y el promedio en los distintos intervalos de tiempo.

En el Tramo 1 que es entre el año 1990 a 1994 la deforestación ^{en los bosques nativos} aumento 35000 hectáreas en los 4 años, el promedio por año es de 8750 hectáreas por año.

En el Tramo 2 que es entre el año 1994 a 1998 la deforestación de los bosques nativos aumento 9000 hectáreas en 4 años el promedio por año es de 22500 ha/a

En el Tramo 3 de 1998 a 2000 la deforestación de los bosques nativos disminuye 95000 hectáreas en 2 años el promedio por año es de 47500 hectáreas

En el Tramo 4 de 2000 a 2010 la deforestación aumento 125000 hectáreas en los 10 años es un promedio de 12500 hectáreas/años

Tramo 5: de 2010 a 2011 la deforestación de los bosques nativos disminuyó 175.000 hectáreas en solo un año

Tramo 6: de 2011 a 2013 la deforestación se mantuvo estable durante esos 2 años

Tramo 7: de 2013 a 2014 la deforestación de los bosques disminuyó 5000 hectáreas en solo un año

Figura 7. Explicación de los diferentes tramos determinados en la gráfica, realizado a continuación del cálculo de tasa de deforestación anual, por el mismo alumno



El concepto de funciones definidas por tramos resultó novedoso para los estudiantes y pudieron abordarlo con las orientaciones necesarias brindadas por la profesora, desde la instrumentalidad que en cada grupo emergió de acuerdo a las preguntas que estaban abordando; estudiar el ahorro o exceso de consumo de energía en una vivienda, analizar la razón de cambio en las cantidades de CO_2 emitidos por el sector energía a nivel país y en el caso del Grupo “Bosques”, calcular la tasa de deforestación en un período determinado, como herramienta para formular respuestas a las cuestiones planteadas.

4.1.3 Funciones lineales

En las funciones definidas por tramos sobre las que trabajaron los grupos “Energía” y “Bosques”, los alumnos se reencontraron con conceptos relacionados a funciones lineales definiendo los tramos como rectas, resignificando el concepto y enfocándose especialmente en el análisis de las pendientes como razón entre los incrementos de las variables.

En el caso del Grupo “Bosques”, los tramos son observables en la gráfica extraída del documento del Plan Nacional de Bosques y Cambio Climático (Figura 5), basándose en estas observaciones los estudiantes definieron los tramos y apoyándose en el concepto de pendiente, pudieron calcular la razón entre los incrementos de cada uno.

En cambio, en el Grupo “Energía”, el gráfico fue construido por ellos utilizando los datos encontrados en diferentes medias. La disponibilidad de conocimientos vinculados a funciones lineales hizo posible el cálculo de la razón de cambio sin inconvenientes, aunque en principio no se enfocaron directamente en la pendiente, sino que establecieron las fórmulas completas de cada una de las rectas que contienen los primeros tramos. En el momento donde estaban desarrollando este trabajo intervino la profesora interpellando el uso de cada parámetro en las ecuaciones construidas y la utilidad de los mismos para responder a la cuestión que estaban investigando. A partir de allí decidieron que sólo el cálculo de la pendiente era suficiente para alcanzar su propósito. En este episodio se destacan dos aspectos: en primer lugar, la aplicación de la expresión de la función afín de manera automatizada y acrítica por parte de los estudiantes sin cuestionarse la utilidad y pertinencia de los elementos calculados en virtud de lo que se proponían establecer (en este contexto, la razón de cambio en las cantidades de CO_2 emitidas por el sector energía). En segundo lugar, la importancia de las intervenciones de la docente interpellando la identificación de la función lineal a este problema, de manera mecánica, promoviendo así la reflexión acerca de la utilización de los parámetros de la función lineal (solamente identificando la pendiente es suficiente para hallar la razón de cambio en los distintos períodos).

Otro de los momentos donde emergieron ideas relacionadas a las funciones lineales (objeto estudiado en años anteriores) fue en el análisis del crecimiento de la cantidad de CO_2 en la atmósfera.

En el primer momento de contacto con el gráfico de la Figura 1, uno de los grupos consideró que el crecimiento observado en el gráfico es lineal y en consecuencia los estudiantes de este grupo se abocaron en determinar la recta que contiene los puntos representados. (Figura 8)

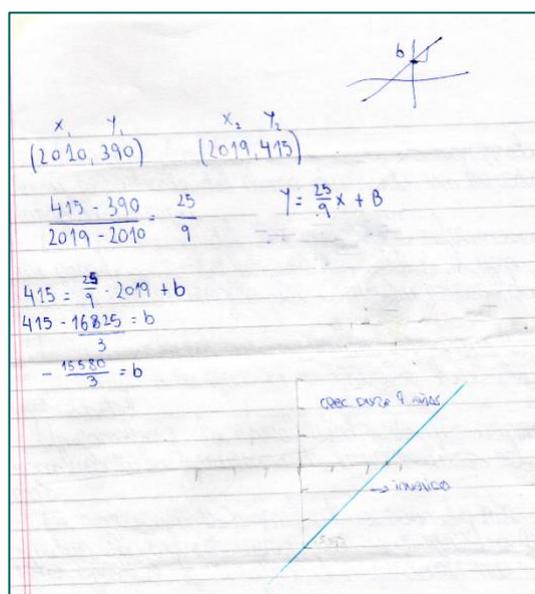


Figura 8. Cálculos y gráfica construida por uno de los integrantes del Grupo “Transporte”. Donde se nota cómo ellos consideraron que el crecimiento observado en el gráfico de la figura 1 es factible de ser modelizado por la ecuación de la recta.

La formulación de este modelo generó intercambio de ideas entre los grupos. Algunos consideraron que el crecimiento que allí se representa no es lineal mientras que algunos de los integrantes del grupo “Transporte” sostuvieron lo contrario. En esta discusión varios estudiantes argumentaron que al no corresponder un crecimiento uniforme lo tratarían como exponencial, sin considerar las otras funciones estudiadas. Otros no especificaron sobre el tipo de modelo que podría ser útil a estas representaciones y datos observados, alegando que quizás no había funciones conocidas por ellos que sirvieran para modelizarlos.

Es destacable que, si bien en el transcurso de la Escuela Secundaria, los alumnos estudiaron funciones polinomiales de distinto grado y algunas funciones trascendentes, en casi todos los casos decidieron tomar modelos lineales para representar los datos que obtuvieron en distintas medias.

A continuación, se exponen fragmentos de conversaciones textuales de los estudiantes en el momento de la conjetura sobre la caracterización de la gráfica y la formulación de una ecuación que la describiera, además de los argumentos que la justificaba, extraídos de las grabaciones de audio de las clases. En el recorrido que hizo la profesora por los grupos en el momento de análisis y búsqueda del modelo para describir la curva representada en la Figura 1 (Crecimiento de la cantidad de CO_2 en la atmósfera), se observó el procedimiento que se muestra en la Figura 8. La profesora indagó sobre los razonamientos que llevaron a cabo los estudiantes para formularlo:

Profesora: ¿Qué representa la fórmula que escribieron acá?

Elián: Es lo que armamos para expresar las cantidades de CO_2 que hay en la atmósfera según el año que quieras calcular”

Profesora: ¿Sobre qué datos se basaron para armarla?

Elián: “Hicimos una regla de tres simple”

Profesora: ¿Por qué utilizaron la regla de tres?



Elián: *No me acuerdo como se llama esa función de x_1, x_2, y_1, y_2 . Porque veíamos que el crecimiento era constante*

Profesora: *¿Pueden explicar a qué se refieren con crecimiento constante?*

Enzo: *Y... que todos los años aumenta igual que en el año anterior*

Profesora: *Acá estoy viendo que luego hicieron el gráfico de una función lineal. ¿Qué datos observaron para poder afirmar que el crecimiento es constante?*

Elián: *Tomamos estos puntos (señala los pares ordenados) No es del todo constante, esto es aproximado (Haciendo referencia a la fórmula y el gráfico que se muestra en la Figura 8)*

En este fragmento de la conversación puede observarse de qué manera los estudiantes se enfocaron en el crecimiento asumiendo que éste es lineal sin considerar el valor inicial de la variable dependiente. En el protocolo de este grupo se identifica un procedimiento donde obtienen entre otros parámetros, la ordenada al origen de la función lineal arrojando un valor negativo el cual no es coherente en el contexto que están investigando. En las afirmaciones de Elián se identifica la puesta en acto de conocimientos relacionados a la proporcionalidad para definir los incrementos (“hicimos una regla de tres simple” y más adelante expresa, “todos los años creció lo mismo que el anterior”).

Sin embargo, en la Figura 8 se puede notar que el procedimiento en el que se apoyaron no es el uso la regla de tres simple, sino que utilizaron la ecuación de la recta que contiene dos puntos conocidos. Esta insistencia por parte de algunos grupos sobre la posibilidad de utilizar conocimientos relacionados a las funciones lineales sin considerar otras, podría atribuirse a la disponibilidad de éstos y la familiaridad que representan para estos alumnos cuando se abocan a un trabajo sobre funciones que les exige tomar decisiones.

4.1.4 Funciones exponenciales

En el estudio del gráfico de la Figura 1 la mayoría de los alumnos desestimaron la posibilidad que se ajustara a un modelo lineal, argumentando la observación de un fenómeno de crecimiento no uniforme (a excepción de algunos integrantes del grupo mencionado en el apartado anterior). En estos grupos elaboraron modelos exponenciales basándose en diferentes puntos extraídos del gráfico, los documentos y los datos que proporcionaron los videos sobre cambio climático ⁶. Incluso en el grupo “Transporte”, donde una parte sostenían la adecuación de un modelo lineal y otros se manifestaron en desacuerdo con esta elección por lo que decidieron trabajar con modelos exponenciales.

En la misma clase que se mencionó antes, se mantiene el siguiente diálogo entre un grupo de alumnas y la profesora:

Profesora: *¿Cómo van en el trabajo con el gráfico?*

Marlene: *Estamos viendo algunos puntos y la curva. Es como una tablita que nos explicaste una vez que no crecían de la misma manera. (haciendo mención a los datos que se presentaban en una situación sobre interés compuesto abordada en el estudio de funciones exponenciales)*

Valentina: *“...no es lineal, está chuequito. ...No es uniforme”*

Lucía: *Claro, por eso, si esto es exponencial “y” sería cantidad de CO₂. En el año 2000 es 370, el año se pone en la “x”*

Valentina: *“a” es la incógnita. Para armar la fórmula tendríamos que averiguar la base de la potencia. En 2010 es 390*

<p>Rocío: <i>¡Esto no es exacto para nada!</i></p> <p>Lucía: <i>No vas a encontrar algo exacto. Suponte que el gráfico vaya para atrás, tenés una asíntota. Y si esto es exponencial, el valor hacia el año 2000 parece que está en 370</i></p>
<p>Más adelante, en el momento de las presentaciones, cada grupo argumentó sobre el modelo que les pareció más adecuado.</p> <p>El grupo Energía explicó:</p>
<p>Elías: <i>vimos cómo crecía la cantidad de dióxido de carbono cada 20 años, e hicimos un planteamiento matemático con una función exponencial. Tomamos el valor de 415 que decía el video y 300 para la asíntota. Le pusimos elevado a la 20 porque era la incrementación que tenía cada 20 años. Nos dio 1.02 cada 20 años.</i></p> <p>Profesora: <i>¿qué significado le dan a ese 1.02?</i></p> <p>Elías: <i>que es creciente.</i></p> <p>Camilo: <i>El dióxido de carbono es el 0.4 % en los gases de la atmósfera y creció un 30% desde la revolución industrial.</i></p> <p>Nahuel: <i>este gráfico no es estimativo, los valores salen de mediciones que sacan de las capas más profundas de hielo en el Ártico que guardan dióxido de carbono, porque (haciendo referencia al hielo) quedaron como partes de aire de la época[U1]</i></p> <p>Más adelante Elías del mismo grupo aporta: <i>Todos los modelos son estimativos, es como la ecuación que hicieron los chicos, es algo estimativo.</i></p> <p>En el mismo curso, una de las alumnas explica Camila (en relación a la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera): <i>...pasó de 299 en 1980 a 415 ppm (partes por millón) en 2019. Tomamos como asíntota 50; capaz que era lo que había”</i></p>
<p>Más adelante Elías del mismo grupo aporta: <i>Todos los modelos son estimativos, es como la ecuación que hicieron los chicos, es algo estimativo.</i></p> <p>En el mismo curso, una de las alumnas explica</p>
<p>Camila (en relación a la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera): <i>...pasó de 299 en 1980 a 415 ppm (partes por millón) en 2019. Tomamos como asíntota 50; capaz que era lo que había”</i></p>

En ambos grupos deciden utilizar funciones exponenciales como modelo de la gráfica de la Figura 1, mientras que en el primero lo asocian con una situación específica en un contexto bancario, en el último hacen mención a la asíntota como representativa de la presencia permanente del CO_2 en la atmósfera tomando como valor inicial 50 ppm. En la Figura 9, puede observarse que si bien en el procedimiento algebraico se considera $y=50$ como valor de la asíntota de la función tal como lo menciona una de las estudiantes, luego en la gráfica que se muestra en la figura el valor de ordenada al origen entra en contradicción con estas afirmaciones.

Nuevamente en la elección del modelo para trabajar con la gráfica, se presenta la consideración de únicamente dos tipos de funciones: lineales (analizado en los párrafos correspondientes a funciones lineales) y exponenciales. Probablemente este hecho pueda asociarse, en el caso de las exponenciales a la proximidad temporal de su estudio, ya que fue uno de los contenidos desarrollados en el sexto año con anterioridad a este trabajo.

Es destacable que, aquellos estudiantes que seleccionaron la función exponencial porque consideraban un aumento no uniforme conforme según pasan los años, seleccionaron un punto de partida que asignaron como asíntota, considerando que el CO_2 siempre estuvo presente en la naturaleza. Por ejemplo, como se analizó en párrafos anteriores, en la figura 9 se puede apreciar que estos estudiantes lo señalan en la expresión algebraica, sin embargo, la idea de asíntota, no se ve representada en la gráfica



construida. En la Figura 10 se puede notar cómo otros estudiantes lo consideraron en la expresión de la función exponencial (300 como valor inicial). Esta consideración pone en relación el contexto en el que se enfoca el proyecto con el objeto matemático, considerando por un lado la posibilidad de la existencia desde siempre de CO₂ en la atmósfera y por otro, la necesidad de buscar una herramienta matemática que permita representarlo, hallando en las funciones exponenciales el modelo más conveniente entre los disponibles para este grupo de estudiantes. De esta manera se provoca una “*extensión del saber a dominios nuevos, a aplicaciones que exigen una adaptación de la herramienta aplicada*” (Brousseau. p. 108)

En las siguientes figuras se puede observar que, en algún momento del trabajo, la discusión se centró al interior de cada grupo, en la determinación de la asíntota y en la base de las potencias que plantearon. (Figuras 9, 10 y 11)

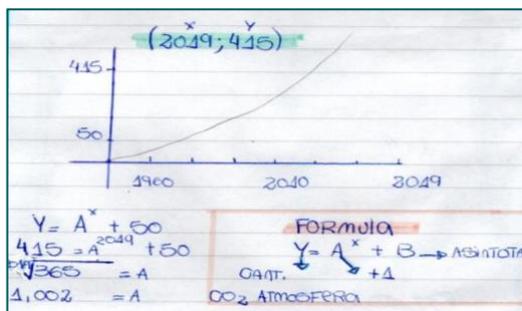


Figura 9. Gráfica construida por integrantes del Grupo “Transporte”. En la misma se presenta el registro del procedimiento algebraico por el cual obtuvieron la base de la potencia. Además, en el margen inferior derecho el modelo en el que se apoyaron y las variables que consideraron. Puede observarse que el valor asignado a la asíntota en la expresión algebraica no se considera en la gráfica de la función

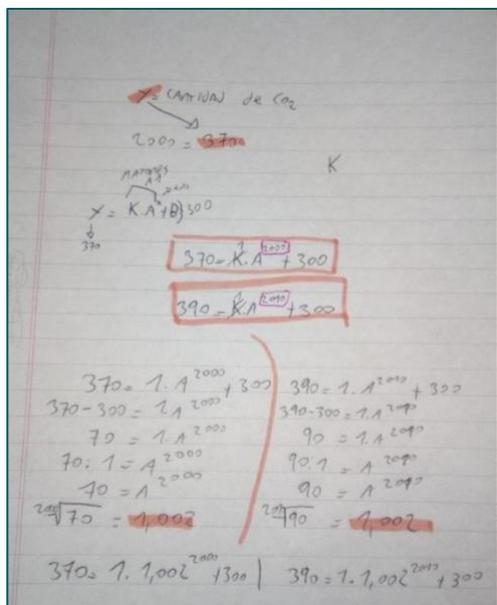


Figura 10. Desarrollo del procedimiento en la construcción del modelo exponencial que representa la cantidad de CO₂ en la atmósfera.

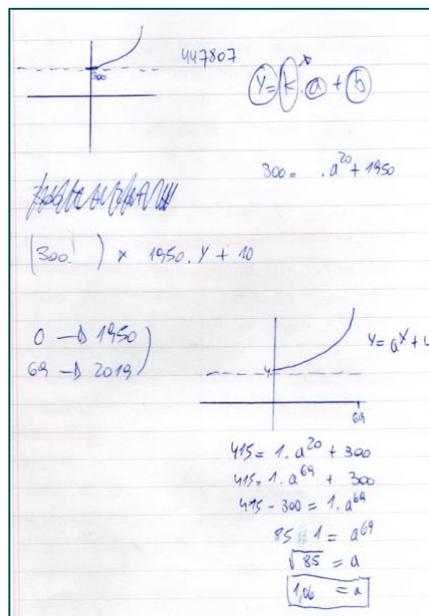


Figura 11. Procedimiento registrado por uno de los alumnos para construir el modelo de la función que representa el gráfico de la figura 1.

En la Figura 11, se notan dos representaciones gráficas de las cuales en la primera (ubicada en la parte superior izquierda de la imagen) se observa una asíntota en $y=300$ coincidiendo con los comentarios del estudiante. En cuanto al procedimiento algebraico se observa que a dos valores diferentes de tiempo ($t=20$ y $t=69$) se le asigna el mismo valor de la función (415 ppm de CO_2) sin ninguna explicitación. El último valor tomado de la correspondencia planteada más arriba. En el mismo registro se presentan varios intentos anteriores a la expresión que los lleva a obtener la base de la potencia, esto nos permite inferir que en el momento del planteo se presentaron dificultades para abordarlo. Al respecto uno de los integrantes del equipo expresó: “*Vimos cómo crecía la cantidad de CO_2 cada 20 años e hicimos un planteamiento matemático con una función exponencial. Tomamos 415 que era un número que decía el video y tomamos 300 para la asíntota*”

4.2 Obstáculos y oportunidades surgidas en el desarrollo del proyecto “Cambio climático y desastres naturales”

En el desarrollo de la propuesta se identificaron aspectos positivos y obstáculos respecto de las modalidades habituales de enseñanza. Entre los aspectos positivos considerados oportunidades se destacan:

- **La oportunidad de estudiar nociones matemáticas nuevas en el contexto del problema a investigar:**

A partir de las preguntas derivadas los estudiantes se enfrentaron al abordaje de las funciones definidas por tramos, hasta el momento desconocidas para los estudiantes. En un modelo de enseñanza tradicional los objetos matemáticos se presentan como herramientas para responder preguntas que no se formulan los alumnos. En el desarrollo del trabajo de investigación que hicieron los estudiantes, estos objetos emergieron como instrumentos que les permitieron organizar, representar y sistematizar los datos que recolectaron, plantear cálculos sobre tasas de variación y razones de cambio, analizar la situación que estaban observando y conjeturar acerca del fenómeno y de la realidad que afecta. De esta manera el saber cobra significado a partir de la utilidad formativa que le encuentran los sujetos de aprendizaje.

- **Alterar (positivamente) las funciones didácticas que involucran cambios en los tiempos, roles y medios:**

En esta tarea de investigación las condiciones didácticas fueron modificadas respecto de las habituales en las clases de matemática. En el abordaje de las preguntas derivadas, los estudiantes utilizaron producciones internas y externas hallándose en la necesidad de iniciar el estudio sobre funciones definidas por tramos, contenido que no estaba planificado por la profesora en la programación anual. Es decir, en el transcurso de la investigación la distribución de las responsabilidades tanto de los estudiantes como de la profesora sufrieron cambios; las informaciones, ayudas y medias no fueron proporcionados exclusivamente por la docente, cuestión que provocó por un lado la emergencia de nociones ajenas al programa lo cual obligó a la profesora a *salirse* de él y en cierto sentido *perder centralidad* en la comunidad del aula en cuanto la responsabilidad de ser la portadora de todas las respuestas; la misma fue compartida con los estudiantes, convirtiéndose en un media más entre otros posibles. Esto produjo un significativo cambio en los *lugares* de cada uno de los actores de la clase. Otro aspecto importante respecto de las modificaciones provocadas en las funciones didácticas fue el cambio en los tiempos de la clase desde la singularidad de cada grupo y estudiantes. En la tarea de investigar, cada grupo abordó cuestiones diversas con distintos niveles de profundización. Esto permitió *salir de la monocronía del aprendizaje donde todos aprenden lo mismo al mismo tiempo* (Terigi, 2010) generando



espacios donde los estudiantes tuvieron la posibilidad de otorgar al proceso de investigación los tiempos que cada uno requería.

- **Trabajar en un espacio de incerteza a partir de preguntas auténticas:**

En este trabajo la pregunta: “¿Cambió el clima de Argentina en los últimos tiempos? ¿De qué dependen los cambios climáticos?” fue la propulsora de otros interrogantes formulados por los estudiantes, que fueron surgiendo en la clase. En primera instancia las preguntas elaboradas se dieron en el marco del contrato didáctico que funciona en las clases habituales, respondiendo a la tarea asignada por la profesora. Pero luego se fueron profundizando a medida que se avanzó en el estudio de la problemática, incluyendo aquellas relacionadas con nociones matemáticas. Este compromiso con el proceso de indagación, puso en el centro a los alumnos en la búsqueda y elaboración de respuestas a preguntas que ellos mismos plantearon, trascendiendo la modalidad de enseñanza tradicional donde es el docente quien propone preguntas o brinda respuestas a cuestiones que los estudiantes nunca se plantearon. El rol de la profesora se modificó en cuanto la planificación del proyecto se ajustó a las preguntas de los estudiantes, dando centralidad a aquellas que aportaran desde la matemática en la búsqueda de respuestas.

- **Recuperar el sentido de las nociones matemáticas estudiadas desde la instrumentalidad de la Matemática**

A partir de la investigación sobre cambio climático, los estudiantes se reencontraron con nociones matemáticas estudiadas sobre funciones lineales y exponenciales resignificándolas a partir del valor de uso que otorgada por el contexto. A la vez que se enfrentaron a un nuevo contenido; funciones definidas a trozos. Esto permitió salirse de la pregunta frecuente que hacen los estudiantes frente a un nuevo contenido “¿esto para qué me sirve?”. El saber matemático cobró un nuevo significado para los estudiantes a partir de la instrumentalidad adquirida en el entorno del problema investigado. Los saberes que se pusieron en juego a partir de este trabajo fueron estudiados como medio para resolver cuestiones y no como fin en sí mismos.

- **Romper con una visión determinista sobre la Matemática:**

Una de las preguntas que se plantearon en las presentaciones que hicieron los grupos sobre los trabajos realizados, fue ¿Qué aportó la Matemática en esta investigación? Las respuestas que brindaron los alumnos se centraron en el hecho de valorar esta ciencia como medio para hacer visibles cuestiones por medio del estudio de los resultados obtenidos. Al respecto afirma Juliana “*La Matemática te hace tomar conciencia cuando lo calculás. Porque ves en un número consistente. A veces escuchás 3 o 4 hectáreas de tala no es tanto, pero pudimos ver la cantidad de CO₂ que liberan y te das cuenta que eso es grave*”

A continuación, se presentan los obstáculos que surgieron en la implementación de la propuesta y en el análisis final sobre la misma:

- **El trabajo colaborativo e interdisciplinario: el profesor no está solo**

La propuesta ABP requiere de un trabajo colaborativo e interdisciplinario. En el desarrollo del proyecto surgieron cuestiones que involucran saberes específicos de otras ciencias y suponemos que articular con éstas otorga mayor potencial a los aprendizajes que pueden producir los estudiantes;

comprender la realidad abordando su complejidad requiere una visión holística y no fragmentada. Según Arrighi y Mañá (2020), a través del abordaje interdisciplinario no se promueve la pérdida de especificidad ni del saber especializado, sino que se invita a integrar la mirada abordando los temas a través de saberes coordinados. En este caso, el contar con la colaboración de la especialista en la temática de Clima fue clave, ya que ayudó a que el profesor contara con material organizado y actualizado, como punto de partida y de consulta respecto a cuestiones extra matemáticas, que de otra forma se hubiera hecho muy difícil acceder.

- **La organización de la jornada escolar:**

La cantidad de escuelas en las que trabajan los profesores de esta institución junto a la necesidad de coordinar los horarios entre los diferentes actores de manera tal que se garantice la atención a los estudiantes en la jornada escolar y se eviten incompatibilidades horarias a los docentes, producen una movilidad en estos que obtura la posibilidad de planificar clases abiertas o en parejas pedagógicas cuando se trabaja desde una perspectiva de conocimiento integrado.

- **Los contratos pedagógicos tradicionales:**

Según Brousseau (2007) “...cada uno, el maestro y el alumno se hacen una idea de lo que el otro espera de él y lo que cada uno piensa que el otro piensa. y esta idea crea posibilidades de intervención” (p. 70). En el área de Matemática habitualmente los estudiantes esperan que la/el profesor/a explique y aporte material de consulta, que realice las orientaciones necesarias para salvar obstáculos o favorecer avances en el momento de enfrentarse a los problemas propuestos. Además, se asume que el/la docente es quien debe formular las preguntas y también ofrecer una guía para hallar las respuestas. Estos hábitos, por momentos se constituyeron en obstáculo en el momento de llevar este tipo de propuesta donde son los alumnos quienes investigan, formulan preguntas y toman decisiones. A la vez, para la profesora también significó un cambio en la modalidad de trabajo y abandonar un lugar que le otorga seguridad en cuanto hace las propuestas, formula las preguntas y orienta a los estudiantes ya que de antemano conoce las respuestas. A partir del estudio que se desarrolló en el aula, el contrato subyacente se modificó sustancialmente igual que el medio didáctico a partir de las condiciones en que se desarrolló la tarea, las acciones de los actores, las informaciones y las ayudas que se obtuvieron a partir de diferentes medias.

- **Los distintos grados de profundización en el estudio de las nociones matemáticas encontradas:**

Al respecto, uno de los obstáculos detectados consistió en la situación que, mientras dos grupos tomaron contacto con las funciones por tramos y tuvieron la oportunidad de iniciar su estudio, el grupo restante no contó con ello. En los grupos donde emergió la necesidad de recurrir al estudio de las funciones definidas por tramos, se adquirió un grado de profundización en función de la pregunta que estaban abordando. Por su parte, el grupo “Transporte” no tuvo oportunidad de explorar este contenido porque su investigación no lo requirió así. En este último, la información que obtuvieron al respecto fue la que proporcionaron los otros grupos en el momento de la presentación de sus trabajos. Si bien tal como afirma Terigi (2010), recorridos diferentes producen aprendizajes distintos, en este sentido los alumnos abordaron contenidos diferentes aun compartiendo el mismo grupo de acuerdo a las cuestiones que estaban abordando.



- **Los tiempos escolares y la enseñanza simultánea:**

La trayectoria de la docente en cuanto a enseñar simultáneamente a todos lo mismo, al menos en principio fue una dificultad a superar. Este fenómeno ligado a la acotación de los tiempos de jornada escolar contribuye a instalar tipos de propuestas que lo profundizan. En los inicios de la implementación del proyecto salir de esta metodología de trabajo y dinámica instalada en el aula fue un obstáculo que fue superado en forma paulatina y en la medida que se avanzó sobre el mismo.

- **La sobre-generalización de modelos lineales:**

En el transcurso del proyecto se observó en los estudiantes una fuerte tendencia a aplicar modelos lineales en situaciones que no lo requieren o cuando la información del contexto no se ajusta a razones de cambio aditivas. Por ejemplo, en cuanto a la aceleración del incremento de las cantidades de CO₂ en la atmósfera, los protocolos de uno de los estudiantes del Grupo “Transporte” (Figura 8) explicita en la representación gráfica y en la expresión algebraica, cierta adecuación de la situación en un modelo lineal. Al respecto explicaron la utilidad que hallaron de mecanismos asociados a la proporcionalidad (regla de tres simple) mostrando coherencia interna en todo el proceso de resolución. Así, se pone de manifiesto que cuando el estudiante sólo está en posesión de modelos lineales, los utiliza coherentemente en todos los sistemas de representación (Sureda y Otero, 2013 p. 115)

5. Conclusiones

En este trabajo implementamos un proyecto sobre Cambio Climático en un último año de la escuela secundaria, y nos propusimos conocer y describir el proceso de estudio de las nociones matemáticas que surgieron en la búsqueda de respuestas a las cuestiones planteadas, y decidir acerca de su viabilidad y sus características, es decir si es posible implementar propuestas enmarcadas en las pedagogías de conocimiento integrado con las condiciones institucionales de ese momento. Uno de los pilares de la propuesta fue que el estudio de las nociones matemáticas emergiese en el contexto de búsqueda genuina de respuestas a las preguntas planteadas y que no se tratara de un estudio “ilustrado” por la problemática abordada. Esa búsqueda requirió de modificaciones sustanciales en las responsabilidades de los actores en el aula. Si bien en el desarrollo del trabajo se logró cierto grado de autonomía, reconocemos que el cambio en la distribución de responsabilidades habitual de las aulas de secundaria, demandó un trabajo sostenido en el largo plazo que involucró a otros agentes institucionales mediante acuerdos que permitieron desarrollar el proyecto (en nuestro caso, apoyo de la dirección de la escuela, la especialista en climatología, etc.)

Los resultados obtenidos muestran que en el desarrollo del Proyecto emergió el estudio y la aplicación de saberes matemáticos relacionadas a las funciones exponenciales, lineales y por tramos sin perder de vista que el eje de la investigación en el aula era la climatología. Específicamente, en el caso de las funciones definidas por tramos fueron estudiadas a partir de su aplicabilidad en el contexto de la investigación que realizaron los alumnos, lo cual le aporta significatividad a los conocimientos matemáticos desde el valor de uso que adquieren en este tipo de trabajos. También nos parece oportuna la idea de complementar este tipo de propuestas con otros dispositivos como pueden ser las secuencias didácticas que permita ampliar el estudio de estas u otros saberes matemáticos matemáticas que se inician en un determinado contexto.

La propuesta se implementó en el aula con el objetivo de mejorar y producir avances en relación a los conocimientos matemáticos de los estudiantes, tomando como eje la funcionalidad que presentaran

como medio para comprender, responder, y/o continuar investigando sobre la temática de Climatología. Los contenidos matemáticos ocuparon un lugar esencial en este sentido, siendo abordados en el marco de una problemática real y con un grado de profundización determinado, al interior de cada grupo por la utilidad que presentaron los saberes matemáticos matemáticas en la cuestión que los alumnos estaban abordando. Por esto, al respecto, concluimos que el trabajo desde la perspectiva adoptada se establece en el marco de esta experiencia, en una oportunidad de estudiar los saberes matemáticos desde una perspectiva de la Matemática como producto social, en un ámbito de aprendizaje colaborativo y tomando como punto de partida aquellos aspectos que resulten relevantes en el contexto de la investigación.

El espacio de incerteza que generan las preguntas se constituye en un motor de búsqueda constante y es allí donde los objetos matemáticos cobran sentido a partir de los requerimientos que surjan en la investigación que se despliega en el aula. Especialmente en el caso de las funciones definidas por tramos, la utilidad formativa en el contexto del problema del cambio climático es inherente a la construcción de los conocimientos matemáticos que los estudiantes alcanzaron. En esta dirección, la experiencia de este trabajo nos permite arribar a las siguientes conclusiones finales:

- Llevar al aula este tipo de propuestas motiva a los estudiantes a abrirse a nuevas formas de acercarse al conocimiento matemático, encontrándolo útil y significativo. Si bien para el profesor puede, a primera vista, presentar mayor complejidad, la propuesta promueve el desafío de enseñar con otros, es decir se comparte la responsabilidad de la enseñanza.
- Así mismo, estas experiencias de enseñanza y aprendizaje potencian el carácter instrumental de los objetos matemáticos y aportan a los alumnos, herramientas para actuar en un medio social, promoviendo el ejercicio de una ciudadanía crítica y activa ya que el potencial está en la problemática abordada y en las preguntas que se formulan respecto de la misma.

Queda planteado el interrogante para dar continuidad a esta investigación, acerca de cuáles son los aspectos de la formación docente inicial o continua propician la incorporación del trabajo por proyectos, en pos de hacer viable la incorporación de propuestas de enseñanza desde una perspectiva que considere la construcción de los saberes matemáticos como producto social, cuya apropiación por parte de los estudiantes se produce porque éste resulta útil para resolver cuestiones que provienen de diferentes ámbitos.

Bibliografía

- Arrigui, J. y Mañá M. (2020) *Aprendizaje basado en proyectos: transformando la cultura escolar*. Rosario. Ediciones Logos.
- Brousseau, G. (2007) *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Editorial Libros del Zorzal
- Carbonell Sebarroja J. (2015) *Pedagogías del Siglo XXI. Alternativas para la innovación educativa*. Barcelona: Editorial Octaedro
- Charnay, R. (1988) Aprender (por medio de) la resolución de problemas. En Parra Cecilia y Saiz Irma, *Didáctica de Matemáticas, Aportes y reflexiones*. Buenos Aires: Editorial Paidós
- DGCE (2018) RESFC-2018-748-GDEBA-DGCYE. “Nuevo formato para la Escuela Secundaria. Propuesta pedagógica” Recuperado de http://www.abc.gov.ar/secundaria/sites/default/files/res_5811_2431876_18_nuevo_formato_escuela_secundaria.pdf
- Díaz, M. y Fajardo, J. (2014) El aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje de conceptos de calor y temperatura mediante aplicaciones en cerámica. *Innovación Educativa*, 14 (66) 65-90



- Domenech-Casal, J; Gasco, J, Royo, P y Vilches S. (2018) Proyecto CRASH: enseñando cinemática y dinámica en el contexto del análisis pericial de accidentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15 (2) 2103
- Flores-Compañ, M.J.; BellésAgut, D.; Nebot Romero, V. y Rubio Tintoré, D. (2019) Nuevas tecnologías y aprendizaje basado en proyectos aplicado a la Geometría. *Números* 101, 179-191
- Fuentes, G. y Ruiz, E (2017) Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en Bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 19(3), 71-91
- Hernández, F. (2002) Los proyectos de trabajo. Mapa para navegantes en mares de incertidumbre. *Cuadernos de Pedagogía* 310
- Knoll, M. (1997) The project method: Its vocational education origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education*. 34(3) 59-80.
- Krauss, J. y Boss, S. (2013). Thinking through projects: Guiding deeper inquiry through project-based learning. ThousandOaks, CA: Corwin Press.
- Lacueva, A. (2006) Enseñanza por proyectos, mito o reto? *Revista Iberoamericana de Educación*, 16.
- Masferrer, F., Baqueró, M. (2014). *8 ideas Clave. Los proyectos interdisciplinarios*. Barcelona: GRAÓ
- Massoni, N; Barp, J y Dantas, C (2018) O ensino de Física na disciplina de ciências no nível fundamental: reflexões e viabilidade de uma experiência de ensino por projetos *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 35 (1) 235-261
- Maure, L y Marimón, O. (2015) Un aprendizaje basado en proyecto en matemática con alumnos de undécimo grado. *Números* 90, 21-30
- Ministerio de Educación de la Nación (2017) *Marco Federal para la Implementación de la Escuela Secundaria 2030*. Recuperado de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005895.pdf>
- Mioduser, D. y Betzer, N. (2007). The contribution of project-based learning to high achievers' acquisition of technological knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 18, 59-77.
- Morales, S., (2011) El Aprendizaje basado en Proyectos en la Educación Matemática del siglo XXI. Cuaderno de bitácora. *Actas de las XV Jornadas de Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, p. 1-23.
- Rodríguez-Sandoval, E., Vargas-Solano, E.M., y Luna-Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y educadores*, 13(1), 13-25.
- Rodríguez-Arteche, I. y Martínez-Aznar, M. M. (2016). Introducing inquiry-based methodologies during initial secondary education teacher training using an open-ended problem about chemical change. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1528-1535.
- Sánchez, J. (2013). Qué dicen los estudios sobre el aprendizaje basado en proyectos. *Actualidad Pedagógica*. Recuperado de https://www.estuaria.es/wp-content/uploads/2016/04/estudios_aprendizaje_basado_en_proyectos1.pdf
- Sureda P. y Otero M. (2013) Estudio sobre el proceso de conceptualización de la función exponencial. *Educación Matemática*. 25 (2) 89-118.
- Terigi, F. (2010) *Las cronologías de aprendizaje: un concepto para pensar las trayectorias escolares*. Ministerio de Cultura y Educación. Gobierno de La Pampa. Santa Rosa. La Pampa.
- Vergara Ramírez, J. (2015) *Aprendo porque quiero. El Aprendizaje Basado en Proyectos paso a paso*. Madrid: SM
- Vergara Ramírez, J. (2018) *Narrar el aprendizaje*. Madrid: SM

Notas al pie de página

¹ Agradecemos a la Dra. Andrea Carril. Vicedirectora del CIMA (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera) quien amablemente accedió a asesorar y orientar en la búsqueda de información sobre cuestiones climáticas a la comunidad del aula que se involucraron en el proyecto.

² “El cambio climático explicado” Disponible en <https://youtu.be/miEJI0XQiN4>

³ Documentos disponibles en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/bosques>

⁴ <https://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?lang=es>

⁵ https://redd.unfccc.int/files/4849_1_plan_de_accion_nacional_de_bosques_y_cambio_climatico_argentina.pdf

⁶ https://www.youtube.com/watch?v=miEJI0XQiN4&t=56s&ab_channel=EIRobotdePlat%C3%B3n

María de los Ángeles Fanaro. Núcleo de Estudios Educativos y Sociales (NEES) de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNICEN. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

Email: mariangelesfanaro@gmail.com

Elena Cardoso. Profesora de Matemática en Escuelas de Nivel Secundario. Formadora en Matemática (ETR (DGCE). Argentina.

Email: elenacardoso76@gmail.com

