



Universidad Nacional de Río Negro Sede  
Andina

La divulgación científica en la Escuela Media y  
el Profesorado de Río Negro: un libro de  
Ciencias de la Tierra como recurso didáctico

TESIS

Para obtener el título de posgrado

Magister en Ciencia, Tecnología e Innovación  
(Orientación Divulgación)

Maestrando: Leonardo Salgado

Directora: Astrid Bengtsson

Diciembre, 2020

Resumen .....	4
Abstract .....	4
Presentación .....	5
PARTE I .....	8
ABORDAJE DE LA PROPUESTA .....	8
1. Relación entre la divulgación científica y la literatura .....	8
2. Relación entre divulgación y educación científica .....	13
<i>Los libros de divulgación en las aulas</i> .....	15
3. El valor de las narraciones en la enseñanza de las ciencias .....	16
4. Las ciencias de la Tierra en el contexto de la Educación No Formal y Formal: la «alfabetización» geocientífica .....	18
5. <i>La enseñanza de las ciencias de la Tierra en la provincia de Río Negro</i> .....	23
OBJETIVOS, METODOLOGÍA, JUSTIFICACIÓN .....	29
1. Objetivos .....	29
2. Metodología .....	30
3. Justificación .....	31
SOBRE EL LIBRO .....	31
PARTE II .....	33
PROPUESTA DIDÁCTICA .....	33
1. Proyectando el libro en el aula: orientaciones para el diseño de una Unidad Didáctica .....	33
2. Una breve referencia al campo de la didáctica de las ciencias naturales en el cual se inscribe el diseño de la Unidad Didáctica .....	33
3. Orientaciones para el desarrollo de una Unidad Didáctica .....	35
<i>Situaciones sugeridas para contextualizar</i> .....	36
<i>Actividades sugeridas para la modelización inicial</i> .....	37
<i>Actividades sugeridas para la continuidad de la modelización</i> .....	37
<i>Actividades sugeridas para el desarrollo de una idea «sobre la                 ciencia»</i> .....	39

<i>Actividades sugeridas para integrar y complejizar el modelo estratigráfico.</i>	40
<i>Actividades sugeridas para la aplicación y desarrollo de otras dimensiones de análisis (sociales, económicas, culturales, etc.)</i>	40
4. Conclusión	41
PARTE III	43
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, AGRADECIMIENTOS Y BIBLIOGRAFÍA	43
DISCUSIÓN	43
CONCLUSIONES	49
AGRADECIMIENTOS	50
BIBLIOGRAFÍA	51

## RESUMEN

En esta tesis profesional se presenta un libro de comunicación de la ciencia, con el cual se pretende contribuir a la comunicación científica y al proceso de enseñanza-aprendizaje de saberes significativos en el área Ciencias de la Tierra, en especial de geología y paleontología. El libro está orientado a estudiantes y docentes de los últimos años de las escuelas secundarias de la provincia de Río Negro, particularmente de la Escuela Secundaria Río Negro (ESRN), implementada entre 2017 y 2018, y del profesorado en Biología. El mismo fue redactado en un estilo narrativo ficcional y aborda distintas temáticas geocientíficas comprendidas en el diseño curricular de la ESRN, con un marcado carácter local y regional. Además del libro propiamente dicho, se presenta una sección que incluye una parte con orientaciones para la elaboración de una Unidad Didáctica para la enseñanza de un modelo científico, que comprende la lectura de uno de los capítulos del libro. Asimismo, se presenta una reflexión sobre las narraciones y ficciones como recursos para la divulgación y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

## ABSTRACT

This professional thesis presents a book of science communication, with which it is intended to contribute to the science communication and the teaching-learning process of significant knowledge in the area of Earth Sciences, especially geology and paleontology. The book is oriented to students and teachers of the last years of the secondary schools of the Rio Negro province, particularly the Escuela Secundaria Rio Negro (ESRN), implemented between 2017 and 2018, and the professorship in Biology. It was written in a fictional narrative style and addresses different geoscientific themes included in the curriculum design of the ESRN, with a marked local and regional character. In addition to the book itself, a section is presented that includes a part with guidance for the elaboration of a Didactic Unit for the teaching of a scientific model, which includes the reading of one of the chapters of the book. There is also a reflection on narratives and fiction as resources for the divulgation and teaching-learning of sciences.

La tesis profesional que aquí se presenta consta de dos documentos: un primer documento de corte más teórico, que formalmente constituye «la tesis propiamente dicha» (y en el que se halla incluida esta presentación), y un segundo documento o «Anexo» que comprende un libro de divulgación de ciencias de la Tierra, destinado, principal pero no exclusivamente, a estudiantes avanzados de escuelas secundarias, a estudiantes del profesorado en Biología, y a docentes de Biología y Ciencias de la Tierra de la provincia de Río Negro.

El primer documento no debería considerarse en forma desvinculada del documento Anexo; de hecho, el libro de divulgación es la parte sustancial de este trabajo, y si ha sido presentado como documento Anexo fue solo debido a una razón de orden formal.

Este primer documento teórico se divide a su vez en tres partes: una primera parte, en donde se explicita el abordaje de la propuesta, sus objetivos, metodología y justificación; una segunda parte, que incluye una propuesta didáctica que incorpora actividades a partir de la lectura de algunos fragmentos del libro, y una tercera parte, en donde se presentan la discusión y las conclusiones del trabajo, los agradecimientos y la bibliografía.

El término «divulgación» (así como el de «vulgarización») ha sido cuestionado por las y los especialistas en el campo de la comunicación pública de la ciencia, porque remite a una situación de desigualdad entre el experto y el «vulgo» ignorante (Bengtsson, 2012; Murriello, 2020). Sin embargo, «divulgación» sigue siendo la expresión más utilizada y reconocida en nuestro país y en otros países de Latinoamérica, y es por esta razón que aquí se ha decidido mantenerla (ver Sánchez Mora, 2010, p. 17).

El objetivo general de este trabajo es contribuir a la divulgación y a la enseñanza-aprendizaje de saberes significativos en el área Ciencias de la Tierra; contribuir, en definitiva, a la «alfabetización científica» (Acevedo Díaz *et al.*, 2003), teniendo como marco institucional la Escuela Secundaria Río Negro (ESRN) y el profesorado de Biología. Nuevamente, la expresión «alfabetización científica» es resistida por las y los comunicadores e investigadores en educación, ya que la misma reduce la comunicación y la educación científicas a los aspectos técnicos del conocimiento y a la adquisición de habilidades técnicas, no abarcando la complejidad de la ciencia en sus aspectos sociales y éticos. También porque la expresión ignora que quienes

aprenden no son «analfabetos» de conocimientos, sino que poseen muchos saberes. En la fundamentación conceptual del proyecto de comunicación pública de la ciencia «Chicos y Grandes en casa a toda hora», elaborado por un grupo de investigadoras en ciencias sociales, y motivado en la pandemia COVID-19 y el aislamiento social preventivo y obligatorio decretado por las autoridades nacionales, se señala: «Todes generamos conocimientos valiosos, nadie es ignorante y nadie lo sabe todo, pues la diversidad de conocimientos y experiencias es inagotable.»<sup>1</sup>

En este sentido, la educadora brasileña Isabel Martins (en una entrevista que figura en Meinardi, 2018) defiende el uso de aquella expresión pero únicamente en su sentido metafórico, de modo de comprender sus aspectos sociales, históricos, culturales. Para Martins, «estar alfabetizado en ciencias implica participar de las prácticas sociales que demandan conocimiento científico» (Meinardi, 2018). En el mismo sentido, el especialista en educación Noah Feinstein sostiene que la locución «alfabetización científica» podría salvarse si es convertida en un objetivo significativo educativo (citado en Simis *et al.*, 2016). Es con este sentido que la expresión «alfabetización científica» es utilizada en este trabajo.

Atendiendo a su objetivo educativo o «alfabetizador», el libro de divulgación presentado en el documento Anexo puede concebirse como una herramienta de «transposición didáctica», de acuerdo con la amplia definición que Yves Chevallard dio de ese concepto, a saber, el paso del «saber sabio» (o «saberes altamente técnicos», Gómez Mendoza, 2005, p. 104) al «saber enseñado» (Gómez Mendoza, 2005; Alfonso Sierra *et al.*, 2016).

No es muy frecuente encontrar científicas y científicos seriamente comprometidos con la divulgación; científicas y científicos que vean a la divulgación como un pilar fundamental de su actividad. Tampoco, hay que decirlo, la divulgación ha sido siempre, al menos en Argentina, política institucional de los organismos de ciencia y tecnología (Murriello, 2020). Menos frecuente aún es encontrar científicas y científicos formados en comunicación pública de la ciencia que escriban con fines divulgativos (Sánchez Mora, 2010; Bengtsson, 2012). Es por esta razón que uno de los objetivos secundarios de esta tesis es animar a las y los científicos a formarse en divulgación y a divulgar escribiendo, asumiendo una postura etnográfica contextual crítica. Etnográfica-contextual, en el sentido que le da la comunicadora de la Universidad Nacional de Entre Ríos Carina Cortassa, de suponer que la demarcación entre las formas de conocimiento científico y popular es lábil, y de entender que las categorías de experto y lego

---

<sup>1</sup> <https://chicosygrandes.wixsite.com/inicio/perspectivas>

deberían ser reexaminadas, así como repensadas las tensiones entre «comprensión» e «incomprensión» (Cortassa, 2010, p.57). Crítica, porque no rechaza de plano las asimetrías cognitivas entre el experto y el no-experto en un cierto campo disciplinar, y las diferencias cualitativas entre el saber especializado y el lego (Cortassa, op. cit., p.63).

El abordaje de la propuesta ha sido desglosado en cuatro puntos principales. El primero aborda la vinculación entre la divulgación científica y la literatura. Los vínculos entre la divulgación y la educación científica se examinan en el punto 2. En el punto 3 se discute el valor del formato narrativo en el ámbito de la educación (de las narraciones en general, incluyendo las ficciones divulgativas), en base a las opiniones de las y los divulgadores, por un lado, y las y los educadores por el otro, en base a corrientes didácticas innovadoras. Por último, en el punto 4, se aborda la potencialidad de los productos de divulgación en la enseñanza de las ciencias de la Tierra, sobre todo en el marco de la ESRN y el profesorado de Biología.

### **1. Relación entre la divulgación científica y la literatura.**

El objetivo central de la divulgación científica es poner en diálogo diferentes tipos de conocimientos, mientras que el objetivo central de la literatura es el goce estético (Sánchez Mora, 2010, 2011). Más allá de esto, ¿es posible distinguir una obra de divulgación de una obra literaria?; ¿es posible que una obra sea ambas cosas a la vez?

Las y los científicos que escriben únicamente artículos de investigación, trabajos en actas de congresos, resúmenes en jornadas, simposios, u otras reuniones científicas, informes de investigación, apuntes de cátedra o manuales universitarios, difícilmente reconocerán que lo que hacen es literatura. De la misma forma, tampoco se definirían a sí mismos como escritores y escritoras. Pero, ¿qué piensan las y los científicos divulgadores con respecto a sus producciones divulgativas? ¿Las consideran literatura? En este sentido, ¿es la divulgación científica un género literario? ¿Qué piensan al respecto las y los divulgadores? Para responder estas preguntas se tomarán como referencia dos trabajos de la divulgadora mexicana María Sánchez Mora que analizan el caso de dos científicos divulgadores que cultivan el género de ficción (y que, por lo tanto, más se acercan a la literatura), con visiones bien opuestas acerca de la naturaleza de lo que hacen (Sánchez Mora, 2010, 2011).



El primero de ellos es Carl Djerassi<sup>2</sup>, un químico estadounidense que afirma haber creado un nuevo género literario: la «ciencia en ficción». Djerassi ha escrito varias obras, entre ellas una trilogía integrada por «El Dilema de Cantor», «El gambito de Bourbaki» y «La semilla de Menachem», en donde se narra la vida y obra de distintos científicos inventados, y en la que se describe el ambiente en el que los mismos trabajan a diario, revelando sus intereses, sus preocupaciones, etc.

Djerassi sostiene que sus obras son auténticas novelas: novelas de «ciencia en ficción»: «Para mí, una novela sólo puede ser tratada como «ciencia en ficción» si toda la ciencia (es decir, qué es lo que hacemos) y la mayor parte de la conducta idiosincrásica de los científicos (es decir, cómo lo hacemos) ahí descritas son verosímiles. Ninguna de estas restricciones se aplica a la ciencia ficción.» (Citado en Sánchez Mora, 2011, p. 117.)

El segundo de los científicos divulgadores estudiados por Sánchez Mora (2010, 2011) es John Casti, un matemático estadounidense, autor del conocido libro «El Quinteto de Cambridge». El argumento de esta obra es el siguiente: cinco científicos y filósofos [J.B.S. Haldane (1892-1964), E. Schrödinger (1887-1961), A. Turing (1912-1954), y L. Wittgenstein (1889-1951)] y el científico y literato C.P. Snow, 1905-1980 como anfitrión) se reúnen a cenar para discutir sobre la posibilidad de construir una máquina que piense. Si bien los cinco protagonistas de la obra son personas reales (a diferencia de los personajes de la trilogía de Djerassi) esa reunión nunca ocurrió, aunque bien pudo haber ocurrido, por cuanto en junio de 1949, fecha de esa reunión ficticia, todos los comensales estaban vivos.) Casti advierte desde el mismo subtítulo de la obra que se trata de «un trabajo de especulación científica», declarando que no es una novela sino una obra de divulgación no convencional, por contener elementos de ficción: la llama «ficción científica».

El desacuerdo entre Djerassi y Casti acerca de la naturaleza de sus obras nos devuelve a la pregunta del comienzo: ¿qué distingue, en definitiva, una obra de divulgación, una «ficción científica» por ejemplo, de una obra literaria, una novela de «ciencia en ficción» por ejemplo?

Dice Sánchez Mora que en la literatura intervienen la imaginación, y que en ella hay un uso especial del lenguaje, mientras que las obras de divulgación se caracterizan por su «fidelidad a los conceptos científicos» (lo que, para esta autora, no es esencial en la literatura) (Sánchez

---

<sup>2</sup> <http://revistamagna.com.ar/nota/ciencia-en-ficcion-no-sabia-que-existia-eso>

Mora, 2011, p. 105). Estas diferencias no parecen ser claras en las obras de Casti y Djerassi. Es más; en cierto modo, «El Quinteto» de Casti, presentada como una pieza de divulgación, es tanto o más imaginativa (tanto o más literaria, en definitiva) que la trilogía de Djerassi, presentada como una serie de novelas. Del mismo modo, tampoco puede decirse que la obra de Djerassi no sea apegada a los conceptos científicos (como se mencionó, en la «ciencia en ficción», la ciencia y la cultura idiosincrática de los científicos deben ser verosímiles), o que lo sean en menor grado que en la obra de Casti. Por último, y con relación al comentario de Sánchez Mora (2011) de que en la literatura hay «un uso especial del lenguaje», hay que decir que en muchas obras de divulgación son frecuentes las metáforas y las analogías, que son recursos propios de la literatura.

Una particularidad de las obras de divulgación que las suele distinguir de los textos literarios, es la existencia de lo que Sánchez Mora denomina «costuras a la vista». En las obras de divulgación, dice la mexicana, los personajes suelen dirigirse de forma no natural, hablando de ciencia como no hablarían en la calle. Esas intervenciones, cuando ocurren, suelen revelar, al menos a las y los lectores con un cierto dominio conceptual, que se trata de un texto de divulgación, no de una obra literaria. El personaje que habla de esa forma poco natural no se dirige a otros personajes sino directamente al lector (destinatario de la información científica contenida en ese parlamento). Otro aspecto que diferencia una obra de divulgación de un texto literario es lo que Sánchez Mora llama «marcas de veracidad», evidencias que certifican que la información científica es veraz (no ya verosímil) y que procede de la «ciencia legítima». Entre estas marcas están la pertenencia de la autora o autor a la comunidad científica, las citas bibliográficas, las notas al pie, etc.

Como se mencionó, la literatura no se identifica con un objetivo práctico. Sin embargo, el científico y novelista Djerassi no parece compartir esta opinión: «Si yo solamente doy conferencias, todos sabemos que el público no especializado no va a estas conferencias. Por eso yo llamo contrabando a lo que he hecho: en la cabeza de ellos piensan que están comprando un libro que pueden leer, y sí, es cierto, lo pueden leer, pero lo más importante es que después aprenderán también», señala el científico y profesor emérito de la Universidad de Stanford.<sup>3</sup> (El subrayado es mío.) Aquí podríamos preguntarnos, ¿cómo reconocen que aprendieron las y los lectores de la obra de Djerassi o de cualquier otra novela de «ciencia en ficción», estando el

---

<sup>3</sup> Entrevista realizada para el portal «Universia», el 26/09/2006)  
<https://noticias.universia.net.mx/ciencia-nn-tt/noticia/2006/09/29/56064/divulga-ciencia-ficcion.html>

contenido científico «de contrabando»? Aprender desde una perspectiva constructivista es poder explicitar, lo que no parece quedar claro a partir de esas expresiones de Djerassi.

Más allá de la diferente apreciación que tienen de sus respectivas obras (lo que en definitiva puede resultar una simple cuestión de etiquetas), es claro que el propósito de Djerassi y Casti es el de que la lectora o lector incorpore nuevos conocimientos y perspectivas, en definitiva, un propósito de aprendizaje en un sentido amplio. A partir de allí, Sánchez Mora (2011) formula otra pregunta: ¿es apropiado el uso de textos de ficción para enseñar ciencia en el ámbito formal (trátase de «ciencia en ficción», «ficción científica» o cualquier otro)?

Al respecto, la divulgadora mexicana cita trabajos de Aquiles Negrete y Cecilia Lartigue en los que se ha medido la eficacia de la literatura narrativa en la comunicación de información científica. Lo que estos autores han encontrado es que, si bien la literatura narrativa es más atractiva y disfrutable que el texto escolar tradicional, a la larga, la cantidad de información retenida es equivalente (Sánchez Mora, 2011, p. 109).

Para Ron Curtis (1994), el estilo narrativo (y las herramientas ficcionales que requiere este estilo) es muy utilizado en la divulgación porque permite emitir juicios de valor sobre asuntos científicos aparentando solamente describirlos, algo que, según su punto de vista, debería evitarse. En este sentido, este autor es muy crítico con respecto a la utilización de narraciones de estilo detectivesco para divulgar ciencias, por considerar que, a través de ellas, suele transmitirse una idea de ciencia inductiva o «baconiana».

En un mismo sentido, la propia Ana María Sánchez Mora se inclina a pensar que el género de ficción no es tal vez el mejor recurso para divulgar ciencia (2011, p. 122), aunque reconoce que «hay quienes se animan a transitar por el sendero literario sin dejar ver las preocupaciones anteriores, como auténticos artifices de alta costura» (es decir, como productores de obras literarias con costuras «no tan a la vista»; o como autores de un «crimen perfecto» que no ha dejado marcas, Sánchez Mora, 2010, p. 156). Ejemplos destacados de estas producciones de «alta costura» son, para esta comunicadora, «El Sistema Periódico» de Primo Levi, «Sueños de Einstein» de Alan Lightman, y «Cosmicómicas» de Italo Calvino. Más allá de ello, concluye: «Si quiero leer ciencia legítima o explicarme algún tema, como la singularidad espaciotemporal antes de la Gran Explosión, quizá lo conveniente no sea leer «Cosmicómicas», sino recurrir a libros de texto o incluso a un artículo especializado. Si dejo de lado las finalidades, objetivos y pretensiones didáctico-informativo-formativos de la divulgación, me deja de preocupar el problema de la fidelidad, como ocurre con cualquier otra obra literaria. Claro que en este (para

mí) idílico caso, y con toda razón, ya nadie me considerará divulgadora legítima.» (Sánchez Mora, 2010, pp. 122-123).

Con relación a esto último, Sánchez Mora parece pasar por alto un hecho importante, y es que, al menos en las novelas de Djerassi, las explicaciones científicas no están allí para que las encuentre la lectora o lector que las requiera, sino porque han sido «metidas de contrabando» por su autor: «ellos piensan que están comprando un libro que pueden leer», había declarado Djerassi.<sup>4</sup> Por su parte, en el ámbito de la educación formal, los libros de divulgación pueden ser muy útiles como recurso didáctico, pero sólo en el contexto de una propuesta didáctica planificada y conducida por la o el docente, en donde la lectura del libro de divulgación o de una parte del mismo, es una de las tantas actividades de la propuesta didáctica. Justamente, el libro de género divulgativo que se presenta en el documento Anexo es propuesto como recurso didáctico en ese contexto, como un acompañamiento del aprendizaje (ver la propuesta de UD en la Parte II de este documento).

Un libro que, de acuerdo con la categorización propuesta por Sánchez Mora, correspondería a una obra de divulgación con múltiples «costuras a la vista» y ciertas «marcas de veracidad» es «El Mundo de Sofía», del autor noruego Jostein Gaarder. «El Mundo de Sofía» es, definitivamente, un libro de divulgación de filosofía. En la novela (así se la suele presentar), la joven Sofía recibe un curso de filosofía por correspondencia a cargo de un misterioso filósofo. A través de las páginas de «El Mundo de Sofía», las y los lectores reciben (indirectamente) las lecciones del misterioso filósofo (y, más indirectamente aún, las del propio Gaarder, quien es también profesor de filosofía). Volviendo al planteo anterior: ¿qué buscan las y los lectores de «El Mundo de Sofía»? ¿Cuáles son sus motivaciones? ¿Aprender filosofía o simplemente disfrutar de una novela? (aunque podríamos dar vuelta la pregunta y preguntarnos: ¿qué buscan esas lectoras y lectores? ¿Disfrutar de una novela o «simplemente» aprender filosofía?) Difícil saberlo: ¿por qué no ambas cosas a la vez?

Más allá de lo anterior, es claro que, al menos en un contexto educativo, las «marcas de veracidad» en un libro de divulgación deben ser evidentes y explícitas, aunque no al punto de entorpecer la lectura (como podría suceder, por ejemplo, en caso de existir numerosas citas bibliográficas y notas al pie). Atendiendo a ello, en el documento Anexo a esta tesis, las

<sup>4</sup> Entrevista realizada para el portal «Universia», el 26/09/2006)  
<https://noticias.universia.net.mx/ciencia-nn-tt/noticia/2006/09/29/56064/divulga-ciencia-ficcion.html>

referencias bibliográficas y comentarios, fueron incluidos en una suerte de epílogo o capítulo final. Este último es, en definitiva, la «marca de veracidad» más destacada del libro de divulgación que se presenta en esta tesis.

## **2. Relación entre divulgación y educación científica.**

Como se ha discutido en el punto anterior, la divulgación científica y la educación formal escolarizada forman parte de la perspectiva global de la llamada «alfabetización científica», «comprensión pública de la ciencia» (PUS, la escuela anglosajona, *Public Understanding of Science*), o «comunicación científica pública» (CSP, la escuela francesa, *Communication Scientifique Publique*) (Blanco López, 2004; Sánchez Mora, 2010; Bengtsson, 2012; Gasparri, 2016). Blanco López (2004) considera a ambos campos, el de la divulgación y el de la educación, interfaces entre la comunidad científica y la sociedad, como sostenía John Dewey ya a comienzos del siglo XX (Bell *et al.*, 2009; Ackermann, 2015). Para Sánchez Mora (2010, p. 28), «la divulgación y la enseñanza forman parte del ámbito de la educación»; más aún, Echeverría (1995), Blanco López (2004), Ackermann (2015) y otros autores, han planteado que la divulgación científica y la educación científica formal son parte del mismo contexto de la actividad científica.

Ahora bien; si el objetivo de la divulgación y el de la educación formal es en último término el mismo (la «alfabetización» científica o mejor, la «comunicación pública de la ciencia») ¿cuál de las dos garantiza un mejor resultado? El paradigma mayoritario establece que la PUS está mejor garantizada a partir de la educación formal (*school-first paradigm*), aun cuando Falk y Dierking (2010) sostienen que, al menos en Estados Unidos, la mayor parte de la PUS proviene de la educación no formal (la cual comprende la divulgación científica). Sin embargo, si bien desde la perspectiva de la comprensión la educación formal podría ofrecer mayores garantías, la educación no formal parece sacar ventaja con relación a la motivación y agencialidad.

Obviamente, además de las motivaciones de las y los estudiantes (formales y no formales), existen diferencias importantes entre una y otra. En la educación científica formal los objetivos son previamente consensuados por la sociedad, establecidos de antemano por el Estado y plasmados en las currículas consensuadas para cada nivel; los de la divulgación, en cambio, son múltiples, y no siempre son claramente explicitados. Por supuesto, en la educación formal no todo es explícito; del mismo modo, muchas iniciativas de divulgación comparten con la

educación formal la existencia de objetivos claros y consensuados. El educador e investigador español Ángel Blanco López (2004, p. 10) da una lista de similitudes y diferencias entre la divulgación y la educación científica formal. En cuanto a las diferencias, este autor destaca que la divulgación es voluntaria, poco estructurada, no dirigida ni legislada, no evaluada ni certificada, mientras que la educación científica formal es estructurada, dirigida y legislada, evaluada y certificada (ver también Allen, 2004). En el caso de la educación de nivel superior, si bien no es obligatoria tampoco podría decirse que es voluntaria, al menos del modo que lo es la educación no formal.

Olmedo Estrada (2011) coincide en que existen diferencias entre la divulgación y la educación, aunque defiende que ambas tienen funciones complementarias, no excluyentes. En esa misma línea, Phillipe Roqueplo (uno de los referentes de la corriente de la CSP, Sánchez Mora, 2010, p. 42) también se inclina hacia una relación de «complementariedad»; es más: este autor sostiene que la divulgación no sería posible sin la existencia de una educación formal previa, tal como la que ofrece la escuela (Roqueplo, 1983, como se citó en Olmedo Estrada, 2011). (Esto último es, cuanto menos, discutible. Si bien en la actualidad la mayoría de las personas está escolarizada, aun así es posible divulgar ciencia en contextos que no han sido escolarizados pero que poseen conocimientos obtenidos a través de otros canales no formales.)

Roqueplo (1983) encontró cuatro tipos de relaciones claras en donde surgen «conurrencias» entre la divulgación científica y la enseñanza escolarizada. «La cuarta y última relación es de dependencia inversa, en la que los académicos —se refiere aquí a los profesores de ciencias— deberían acercarse a los productos que ofrece la divulgación, no para convertirlos en textos de estudio primario, sino para apreciar los modelos de dramatización, analogías y contextualización que utiliza la divulgación, a fin de trasladarlos, en la medida de lo posible, al diseño instruccional y a la impartición curricular dentro y fuera de las aulas» (Olmedo Estrada, 2011, p. 143).

Olmedo Estrada (2011, p. 144) señala, además, que los conocimientos de la divulgación son más fácilmente recibidos si se cumplen ciertos propósitos de la educación formal escolarizada (de ahí que este autor sostenga que ambas son «complementarias»): 1) si esos conocimientos coinciden o están en línea con el curriculum formal, 2) si se toman en cuenta los conocimientos previos de las y los estudiantes, y 3) si se tiende al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas. La clave está, sostienen Guisasola y Morentín (2007, p. 404), en «determinar si el aprendizaje no formal puede ocurrir en ambientes formales de aprendizaje y viceversa...» Del

mismo modo, la educación formal se potencia cuando recurre a recursos propios del ámbito no formal.

Hay buenos ejemplos de esas «conurrencias» que menciona Roqueplo. Quizás el más claro sea el de las visitas escolares a los museos (al menos las pensadas y programadas desde una perspectiva constructivista), que es, justamente, el caso que analizan Guisasola y Morentín (2007) (ver también Alderoqui y Pedersoli, 2011; Pérez Campillo y Chamizo Guerrero, 2011; Ackermann, 2015). Existen también experiencias de utilización en el aula de recursos de la educación no formal, como el análisis de recortes periodísticos y revistas de divulgación científica; la proyección y posterior debate de documentales televisivos (Molina Puche *et al.*, 2013); o la proyección de películas sobre investigaciones científicas, como «La banda siguió tocando» (película estadounidense, sobre el descubrimiento del virus del sida), «Casas de fuego» (película argentina, sobre las investigaciones del Mal de Chagas y la vida de Salvador Mazza) o «Creación» (película inglesa, sobre la vida y Obra de Charles Darwin), con hondas implicancias sociales y políticas (Ver Astudillo *et al.*, 2012).

Blanco López (2004, p. 11) reconoce tres modos en que la divulgación científica puede ser utilizada en la educación: 1) como recurso didáctico, 2) como fuente de aprendizaje y 3) como objeto de estudio (en este último modo, lo que se estudia son los mismos productos de la divulgación, su manejo y comprensión). Este autor (2004, p. 16) sostiene que «uno de los objetivos de la educación científica debe ser fomentar en los alumnos un saludable escepticismo que les permita, durante su época de estudiante y en el futuro, analizar críticamente productos periodísticos sobre avances científicos. Esto puede conseguirse confrontando en la escuela tales productos, desarrollando actividades relacionadas con los textos de prensa y, por tanto, incorporando los medios en el currículum escolar de ciencia».

#### *Los libros de divulgación en las aulas*

La bibliografía recoge algunas experiencias concretas de utilización de libros de divulgación en procesos de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, los trabajos de Vizcaya Carrillo (2003) y García-Manso (2016) sobre el libro de Jostein Gaarder «El Mundo de Sofía», ya mencionado, utilizado como recurso motivador de las y los estudiantes y como lectura «interdidáctica», respectivamente. (La interdidáctica, según el enfoque de Jean Philippe Drouhard, «responde al estudio del rol de las interacciones entre disciplinas en el aprendizaje y la enseñanza, al tiempo

que busca fundamentar el interés emocional que se logra en la motivación de los alumnos a través de dichas interacciones», García-Manso, 2016, p. 30.) También, Calvo Pascual (2012) da ejemplos de actividades de utilización de libros de Ciencias Naturales en el bachillerato. Las experiencias que refiere consisten particularmente en trabajos áulicos con textos extraídos de libros de Química y Física.

Para el químico y divulgador español Gabriel Pinto Cañón y Sánchez (2012), una de las ventajas que plantea el uso de libros (o de partes de libros) de divulgación es que las y los estudiantes desean continuar con la lectura fuera del aula, favoreciendo de este modo el aprendizaje continuado (Bengtsson, 2012). Pinto Cañón y Sánchez (op. cit.) incluso proponen lecturas dramatizadas como motivadores del interés. Con relación a esto último, existen algunas experiencias que muestran claramente las posibilidades que ofrece este tipo de recursos. Por caso, Garelli *et al.* (2016) refieren una experiencia pedagógica en el área de Biología, sobre la base de un relato en primera persona de un doctorando que trabajó el tema del dengue (enfermedad infecciosa causada por un virus y transmitida por una especie de mosquito). Se trata de un «relato autobiográfico» en el que el autor del estudio científico cuenta qué hizo y cómo lo hizo. En la experiencia, algunos fragmentos del relato fueron leídos en clase en forma individual por las y los estudiantes, quienes identificaron distintos ejes sobre los cuales trabajar. Garelli *et al.* (2016) explicitan varios de esos ejes: el rol de la escritura de artículos científicos en el proceso de investigación, el rol de los subsidios, el impacto social del trabajo científico, los factores que influyen en la toma de decisiones, la no linealidad en los procesos de investigación, etc. Como puede verse, lo trabajado en el aula a partir de ese relato autobiográfico excede ampliamente el contenido disciplinar específico acerca del dengue. Tal vez este abordaje amplio no hubiese sido posible si se partía de un *paper* o una tesis, incluso de un manual escolar (Alfonso Sierra *et al.*, 2016).

### **3. El valor de las narraciones en la enseñanza de las ciencias.**

El trabajo de Garelli *et al.* (2016) sobre la utilización de textos semi-autobiográficos en el aula, nos da el pie para introducirnos en el valor de las narraciones en la enseñanza de las ciencias. El género narrativo es utilizado normalmente en divulgación científica (sobre todo en cine documental y en ciertos textos, Bengtsson, 2012, p. 129), quizás no tanto en el ámbito de la educación formal. Fue el psicólogo estadounidense Jerome Bruner (1915-2016) quien habló por primera vez de la interrelación entre una «mente paradigmática» (eminentemente



técnicocientífica) y una «mente narrativa», y del valor de su interrelación en diferentes ámbitos (González Monteagudo, 2011). Aun así, la potencialidad didáctica de las narraciones fue poco explorada hasta hace unos años. En nuestro país, Agustín Adúriz-Bravo y Andrea Revel Chion han sido, sin duda, quienes más se han abocado a este tema.

Existen experiencias concretas de utilización de historias o relatos escritos en enseñanza de la ciencia. La experiencia referida por Garelli *et al.* (2016) es buen un ejemplo de ello. El propio Agustín Adúriz-Bravo ha elaborado una serie de propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias y las metaciencias, sobre la base de un escrito de semi-ficción de su autoría: «El Guiso Fantasmagórico» (Adúriz-Bravo, 2005).

La importancia de las narraciones (orales o escritas), sostienen Adúriz-Bravo y Revel Chion (2016), radica en la posibilidad de relacionar ideas centrales en una trama. Motiva a las y los estudiantes y aumenta la retención de los aprendizajes. Las narraciones son, sin duda, más memorables y motivadoras (Adúriz-Bravo y Revel Chion, op. cit.; Bengtsson, 2012), y también permiten incluir las miradas sobre el mundo y las emociones de los agentes incluidos en esas narraciones, como destacan Garelli *et al.* (2016) y Joubert *et al.* (2019) con relación a la comunicación de la ciencia en general.

De acuerdo con Adúriz-Bravo y Revel Chion (2016), las exposiciones en clase normalmente carecen del «triumvirato» narrativo clásico: secuencialidad, intencionalidad, y modos de causalidad limitados, lo que puede dificultar la comprensión. Aun cuando la argumentación científica escolar se inscribe en la línea principal del discurso de clase de ciencias (ver Revel Chion *et al.*, 2014), las narraciones suelen ser más comprensibles que las habituales argumentaciones de las exposiciones en clase. Además, las narraciones permiten vincular o anclar lo nuevo con lo que la persona ya sabe, que es uno de los pilares principales para que ocurra el aprendizaje.

Sin duda, contar historias es un rasgo constitutivo de la naturaleza humana: «la experiencia humana se configura en términos de hechos vividos», explican Adúriz-Bravo y Revel Chion (2016). Las narraciones son capaces de aportar conceptos específicos, siendo útiles aun (o sobre todo) en disciplinas que se encuentran muy modelizadas (como la química, la física, y la biología).

Las y los estudiantes suelen recibir de muy buen grado las narraciones sobre las vivencias personales de las y los «descubridores» de las teorías que aprenden (Adúriz-Bravo y Revel Chion, 2016). Las narraciones contribuyen a construir una imagen de ciencia humana, cambiante, atravesada por intereses y valores, tal como pretende transmitir el currículum formal. Además,

las narraciones permiten integrar el contexto general (histórico, científico, etc.) a un término o concepto, en el sentido que suelen ubicarlo en una línea de tiempo de los acontecimientos. Es por estas razones que estos autores consideran que las narraciones son un vehículo potente para enseñar sobre la llamada «Naturaleza de la Ciencia» (ver más adelante). En el caso del libro de divulgación que se presenta en el documento Anexo, el formato narrativo ficcional ha favorecido, además, la incorporación de conocimientos situados y contextuales, como son las historias populares de ciertas zonas de la provincia y distintos hechos de su historia reciente.

Por último, el valor de las narraciones en el proceso de aprendizaje se enmarca en conocimientos provenientes de la ciencia cognitiva, investigaciones psicoeducativas, análisis del discurso y teorías en lingüística sistémico funcional (Bengtsson, 2012, p. 95, y bibliografía allí citada; Alfonso Sierra *et al.*, 2016), y, como se vio recién, en la didáctica de las ciencias (González Monteagudo, 2011; Adúriz-Bravo y Revel Chion, 2016; Joubert *et al.*, 2019).

#### **4. Las ciencias de la Tierra en el contexto de la Educación No Formal y Formal: la «alfabetización» geocientífica.**

La educación en geociencias forma parte de la empresa más amplia de la educación o «alfabetización» científica». Para el español Emilio Pedrinaci y colaboradores (2013), una persona «alfabetizada» en Ciencias de la Tierra debería:

1-Tener una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra y saber utilizar ese conocimiento básico para explicar, por ejemplo, la distribución de volcanes y terremotos, o los rasgos más generales del relieve, o para entender algunas de las causas que pueden generar cambios globales en el planeta.

2-Disponer de cierta perspectiva temporal sobre los profundos cambios que han afectado a nuestro planeta en el pasado y a los organismos que lo han poblado, de manera que le proporcione una mejor interpretación del presente.

3-Entender algunas de las principales interacciones entre la humanidad y el planeta, los riesgos naturales que pueden afectarle, su dependencia para la obtención de los recursos o la necesidad de favorecer un uso sostenible de ellos.

4-Ser capaz de buscar y seleccionar información relevante sobre algunos de los procesos que afectan a la Tierra, formular preguntas pertinentes sobre ellos, valorar si determinadas evidencias apoyan o no una conclusión, etc.

5-Saber utilizar los principios geológicos básicos y los procedimientos más elementales y usuales de la geología, y valorar su importancia para la construcción del conocimiento científico sobre la Tierra (Pedrinaci *et al.*, 2013, p. 118).

Como puede verse, el sentido de la expresión «alfabetización científica» por parte de estos autores, no es el mismo que le daba Isabel Martins mencionado al comienzo de la Parte I de este trabajo, sino uno vinculado a la adquisición de nuevos saberes disciplinares.

Pedrinaci *et al.* (2013) también presentan unas 10 «ideas clave» que, según su criterio, todo ciudadano geocientíficamente «alfabetizado» debería conocer. Rescatamos las siguientes, tomando en cuenta la vinculación que esas ideas tienen con algunos de los saberes expuestos en el libro que se presenta en el documento Anexo:

Idea clave 3.10. Las rocas sedimentarias suponen el principal archivo de la historia geológica y del desarrollo de la vida en la Tierra (Pedrinaci *et al.*, 2013, p. 121).

Idea clave 5.1. Los fósiles constituyen el testimonio de la vida en el pasado y ayudan a entender el presente (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 123).

Idea clave 5.2. El origen y evolución de la vida está ligada a la propia evolución de la tierra como planeta (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 123).

Idea clave 5.5. La historia de la tierra está marcada por importantes eventos de extinción y diversificación de los seres vivos (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 123).

Idea clave 6.5. La litosfera se encuentra dividida en placas que se hallan en continuo movimiento (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 124).

Idea clave 6.6. El movimiento de las placas deforma las rocas de la corteza terrestre. (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 124).

Idea clave 7.1. Los procesos externos modelan el relieve y evidencian el dinamismo superficial del planeta (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 124).

Idea clave 7.9. La especie humana es un agente activo que transforma la superficie terrestre (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 125).

Idea clave 10.3. El trabajo de campo es una herramienta básica para abordar la mayoría de las investigaciones o estudios en ciencias de la Tierra (Pedrinaci *et al.*, op. cit., p. 128).

Con respecto a los conocimientos acerca de la naturaleza de la ciencia, es decir, a los conocimientos sobre las ciencias (qué son y qué las distingue de otros modos de conocimiento, cómo cambian con el tiempo, y cómo son influenciadas por la sociedad y la cultura, Adúriz-Bravo, 2007), no es habitual que formen parte de la agenda de la divulgación. Coincidentemente, el científico y divulgador argentino nacionalizado mejicano Marcelino Cerejido en su libro «El vulgo para el que se divulga» (como se citó en Sánchez Mora, 2010, p. 44) denuncia que los divulgadores suelen limitarse a divulgar resultados de investigaciones, pero rara vez divulgan qué son las ciencias, qué las distingue de otro tipo de saberes, y por qué los países del primer mundo tienen ciencia y el resto de los países tienen investigación pero no ciencia (Cerejido, 2002; ver también Mangione, 2017).

Si bien es cierto que la corriente de la CSP ha promovido (y promueve) una mirada hacia la ciencia más crítica que la corriente de la PUS (Sánchez Mora, 2010), no hay estudios específicos que discutan y profundicen la incorporación del eje Naturaleza de la Ciencia en la divulgación científica (por ejemplo, no hay estudios que planteen «ideas clave» que todo ciudadano «metacientíficamente alfabetizado» debería conocer o manejar), atendiendo a esas demandas recogidas por Marcelino Cerejido.

La situación es bien distinta en el ámbito de la educación formal. Aquí son varios los autores que se han ocupado y siguen ocupándose del tema: uno de ellos es, nuevamente, Agustín Adúriz-Bravo. Para este autor (Adúriz-Bravo, 2007), la enseñanza sobre la naturaleza de la ciencia en la formación docente persigue tres finalidades fundamentales:

- 1) *una finalidad intrínseca*, que debe inspirar una mirada crítica, racional y razonable, sobre las ciencias naturales,

- 2) *una finalidad cultural*, que es posible trabajar junto a otros espacios curriculares, como la filosofía o la historia, y
- 3) *una finalidad instrumental*, que puede ser utilizada como herramienta para la enseñanza de los contenidos científicos específicos.

Ocupándose también de la formación del profesorado, Astudillo *et al.* (2012, pp. 378-379) señalan que esa enseñanza debería hacer reflexionar a las y los estudiantes sobre los siguientes puntos (resumidos):

- 1) Situar la ciencia en el mundo de la historia y la cultura.
- 2) Abordar las relaciones ciencia-tecnología-sociedad.
- 3) Conocer las tensiones entre la ciencia y sus usos a lo largo de la historia de la humanidad.
- 4) Conocer cómo los científicos abordan los problemas, los criterios de aceptación y validación de hipótesis y teorías.
- 5) Abordar los conceptos de pluralidad metodológica y carga teórica de la observación, así como el problema de la objetividad y el papel del error y el azar.
- 6) Evaluar afirmaciones, evidencias y modelos de construcción del conocimiento en ciencias.
- 7) Distinguir entre hechos, hipótesis, teorías y leyes.
- 8) Comprender la influencia de valores personales y colectivos en el pensamiento científico.
- 9) Interpretar la ciencia desde la diversidad de posiciones morales que la atraviesan. Comprender la ciencia como negocio, cuando intervienen empresas y como tarea signada por competencias profesionales, conflictos socio-políticos y relaciones de poder.
- 10) Incorporar la discusión acerca de los procesos de acuerdo, revisión de pares y sistemas de fe, así como la dinámica de relaciones que condicionan las prácticas de conocimiento en las instituciones y las prácticas de resistencia al poder instituido.

- 11) Analizar la naturaleza y el papel de los espacios de comunicación, divulgación, actualización y legitimación de la producción científica (revistas, seminarios, congresos, etc.)
- 12) Comprender el componente burocrático y administrativo y el papel de los poderes públicos como motor del trabajo científico. Comprender la naturaleza pública de la ciencia, así como el carácter casi industrial de la ciencia moderna.

Por su parte, Pujalte *et al.* (2014) rescatan una serie de razones de otras autoras y autores, que justifican la inclusión del eje «Naturaleza de la Ciencia» en la enseñanza:

«Razón utilitaria: Para dar sentido a la ciencia y para poder manejarse con los objetos y los procesos tecnológicos (coincidente con la finalidad intrínseca de Adúriz-Bravo).

Razón democrática: Para la toma de decisiones informada en las cuestiones sociocientíficas (coincidente con la finalidad cultural de Adúriz-Bravo).

Razón cultural: Para apreciar el valor de la ciencia como parte de la cultura contemporánea (coincidente con la finalidad cultural de Adúriz-Bravo).

Razón moral: Ayuda a desarrollar la comprensión de las normas de la comunidad científica que involucran compromisos morales de valor universal para la sociedad.

Aprendizaje de las ciencias: Comprender la naturaleza de la ciencia facilita el aprendizaje de los contenidos de las asignaturas científicas (coincidente con la finalidad instrumental de Adúriz-Bravo)» (Pujalte *et al.*, 2014, p. 537).

En principio, y recordando que la educación y la divulgación son distintas formas de la «alfabetización» científica» (Blanco López, 2004; Bengtsson, 2012; Gasparri, 2016), estos objetivos podrían ser válidos tanto para la educación formal como para la no formal. Es decir que podría considerarse que estos mismos objetivos son los que fundamentan la necesidad de incorporar el eje «Naturaleza de la Ciencia» en la divulgación.

En nuestro país ha habido, en los últimos años, un incremento notable en las producciones sobre divulgación de las ciencias de la Tierra (Bonan, 2014), y sobre su didáctica en los distintos niveles, en particular en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Bonan, 2009; Arias Regalía y Bonan, 2014; Arias Regalía *et al.*, 2018). El impacto de estas investigaciones y su influencia en los diseños curriculares del resto del país, entre ellos el de la provincia de Río Negro, escapan a

los alcances de esta tesis, pero en una primera aproximación, al revisar el Diseño Curricular de la ESRN del año 2016, puede advertirse que casi no hay en la bibliografía trabajos específicos sobre ciencias de la Tierra, excepto uno sobre enseñanza de la astronomía (de R. Palomar Fons) y otro sobre geociencias en general (de E. Tarbuk y F. Lutgens).

En el siguiente punto se discute el lugar que ocupan las ciencias de la Tierra en enseñanza secundaria en la provincia de Río Negro.

### *La enseñanza de las ciencias de la Tierra en la provincia de Río Negro*

La Escuela Secundaria Río Negro, vigente desde 2017 e implementada entre ese año y el siguiente, ha introducido una serie de modificaciones en el curriculum, entre ellas, la enseñanza de contenidos de ciencias de la Tierra, ausentes hasta entonces. Sin embargo, por distintas razones (entre las que figuran, la formación insuficiente o la falta de propuestas didácticas específicas), las y los docentes han encontrado dificultades a la hora de planificar e implementar esos contenidos (lo que surge a partir de comunicaciones personales con algunas de ellas y ellos, no de un estudio de campo sistemático).

La reforma de la ESRN propone un ciclo básico de dos años y un ciclo orientado de tres. Al menos dos de los ciclos orientados incluyen temas de geología y paleontología: la orientación en Ciencias Naturales y la orientación en Turismo. En la orientación en Ciencias Naturales, dentro de la formación específica, hay un espacio pedagógico «Ciencias de la Tierra» en cuarto y quinto, mientras que en la orientación en Turismo hay uno en tercero y en cuarto denominado «Ambiente y Patrimonio».

El diseño curricular del espacio curricular de la orientación bachiller en Ciencias Naturales, propone la interacción de diferentes disciplinas como astronomía, geología, climatografía y meteorología, paleontología, ecología, biogeografía, etc. Entre los propósitos que se mencionan está el de «propiciar la observación directa del paisaje local y sistematización de las evidencias empíricas para promover la valoración del paisaje y su historia manifestando actitudes de cuidados y protección».

En la orientación bachiller en Ciencias Naturales se establece una serie de ejes estructurantes de saberes, entre los que figuran la estructura general del planeta Tierra y su historia evolutiva. El

encuadre es más bien general y no atiende las particularidades de las distintas regiones de la provincia, la cual presenta una historia geológica y paleontológica muy diversa.

Ciencias de la Tierra I (cuarto año):

En este espacio disciplinar, algunas de las ideas clave de Pedrinaci *et al.* (2013) mencionadas anteriormente están formuladas como «propósitos». Uno de los propósitos que más se ajustan a la UD que aquí se propone, es el N°4:

«Propiciar la observación directa del paisaje local y sistematización de las evidencias empíricas para promover la valoración del paisaje y su historia manifestando actitudes de cuidados y protección» (Orientación Ciencias Naturales del Diseño curricular versión 1.0 ESRN, p. 310).

Entre los saberes de este espacio curricular se hallan:

- 1) Estructura de la geósfera, los procesos internos y externos que ocurren en ella, para explicar la tectónica de placas, los procesos magmáticos, de meteorización, formación de rocas, suelos y paisajes (OCN DC ESRN, p. 312).
- 2) La relación de los procesos que dieron origen a la geósfera para poder explicar la historia geológica local y regional (OCN DC ESRN, p. 312).
- 3) La comprensión de que el relieve y las rocas no son inmutables, para acercarse progresivamente a la noción de cambio incluyendo la escala de tiempo geológico (OCN DC ESRN, p. 312).

Ciencias de La Tierra II (Quinto año):



Si bien el enfoque general de CT II es más centrado en lo ambiental, este espacio curricular propone una serie de saberes netamente geocientíficos que suponen una complejización con respecto a lo visto en CT I. Entre esos saberes figuran:

- 1) La relación entre estratos sedimentarios, registro fósil y evolución de la biota del planeta para el reconocimiento del tiempo geológico. (OCN DC ESRN. p. 323)
- 2) La asociación de la Teoría de tectónica de placas con la evolución biológica pasada para relacionar con la actual distribución de seres vivos. (OCN DC ESRN. p. 323)

De acuerdo con la resolución 3992/16 del Consejo Provincial de Educación de la Provincia de Río Negro<sup>4</sup>, unas 32 escuelas de la provincia ofrecen la orientación en Ciencias Naturales. Estas son:

Bariloche: ESRN 37 y 123; El Bolsón: ESRN 48; San Antonio Oeste: ESRN 38; Sierra Grande: ESRN 39; Valcheta: ESRN 87; Cipolletti: ESRN 5 y 35; Allen: ESRN 25; General Roca: ESRN 1, 9, 13, 16, 62 y 111; Villa Regina: ESRN 11; Enrique Godoy: ESRN 56; Ingeniero Huergo: ESRN 140; Valle Azul: ESRN 103; Catriel: ESRN 21; Sargento Vidal: ESRN 137; Ingeniero Jacobacci: ESRN 6; Comallo: ESRN 26; Maquinchao: ESRN 57; Ramos Mexía: ESRN 28; Los Menucos: ESRN 58; Sierra Colorada: ESRN 82; Choele Choel: ESRN 47; Beltrán: ESRN 55; Río Colorado: ESRN 3; Viedma: ESRN 8; General Conesa: ESRN 53.

La historia desarrollada en el libro transcurre en varias de esas ciudades, o bien hay una referencia a alguna de ellas en contextos argumentales específicos. A continuación se mencionan las localidades de la provincia que son mencionadas en los distintos capítulos del libro.

---

<sup>4</sup>

<http://unterseccionalroca.org.ar/imagenes/documentos/leg/Resolucion%20399216%20%28Escuelas%20Secundarias%29.pdf>

Capítulo 1: Bariloche, Cipolletti, General Roca, Cinco Saltos.

Capítulo 2: Sierra Grande, General Roca, Viedma, Las Grutas, Cipolletti.

Capítulo 3: Sierra Grande, General Roca, Viedma.

Capítulo 4: Los Menucos, General Roca, Ingeniero Jacobacci, Bariloche.

Capítulo 5: Bariloche, Los Menucos.

Capítulo 6: General Roca, El Cuy, Maquinchao, Allen, Cerro Policía, Aguada Guzmán, Lamarque, bajo del Gualicho, Aguada de Guerra, Aguada Cecilio, Sierra Pailemán.

Capítulo 7: Cerro Policía, El Anfiteatro, Trica Co, Aguada Guzmán, Mengué, Comallo, Bariloche, El Manzano, Cipolletti, Allen, Cinco Saltos.

Capítulo 8: General Roca, bajo de Santa Rosa y Trapalcó, Lamarque.

Capítulo 9: General Roca, Viedma.

Capítulo 10: General Roca, Bariloche, Lamarque, bajo de Santa Rosa y Trapalcó, Cinco Saltos.

Capítulo 11: General Roca, bajo de Santa Rosa y Trapalcó, Villa Regina, Valcheta.

Capítulo 12: General Roca, Cipolletti, El Cuy, Ñorquinco, Pilcaniyeu, Bariloche, San Antonio, Valcheta, Cinco Saltos, Cerro Policía.

Capítulo 13: General Roca, bajo de Santa Rosa y Trapalcó, bajo del Gualicho, Bariloche, El Bolsón.

Capítulo 14: Cona Niyeu, Cerro Policía, bajo de Santa Rosa y Trapalcó, Jacobacci, Comallo, Viedma, Las Grutas, bajo del Gualicho, Bariloche.

Capítulo 15: bajo del Gualicho, General Roca, Las Grutas, Playas Doradas, San Antonio, Bariloche, El Bolsón, Comallo.

Capítulo 16: General Roca, bajo del Gualicho, Pomona, El Solito, San Antonio, Choele Choel.

Capítulo 17: Bariloche.

Precisamente, las y los docentes y estudiantes de Ciencias de la Tierra I y II de esos establecimientos son, junto con las y los docentes y estudiantes de los profesorados de Biología de la Universidad Nacional de Río Negro y del Comahue, los principales destinatarios de esta propuesta.

La ESRN propende a la educación integral, no fragmentada. Para ello promueve la creación de espacios de construcción multi o interdisciplinarios, como el Taller de Problemáticas Complejas (educación científica), para trabajar, por ejemplo, la relación entre la explotación de los recursos y la preservación del patrimonio natural. En este sentido, el libro puede incluso acompañar propuestas de trabajos por proyectos, en los que se relacionen diferentes disciplinas, orientadas a abordar un fenómeno o tema desde una perspectiva holística o integral.

Con relación a la formación de profesores, en el Profesorado de Nivel Medio y Superior en Biología de la Universidad Nacional de Río Negro que se cursa en General Roca, hay en segundo año una asignatura anual obligatoria, «Geociencias y Paleobiología»,<sup>5</sup> mientras que en el profesorado en Ciencias Biológicas que se cursa en el Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB) de la Universidad Nacional del Comahue, hay en cuarto año una asignatura optativa cuatrimestral denominada «Fundamentos de Geología y Geomorfología».<sup>6</sup> En el programa de esta última asignatura hay una unidad (la 15) titulada «Geología de la Región de San Carlos de Bariloche».<sup>7</sup>

El libro de divulgación que se presenta como documento Anexo se orienta sobre todo hacia los modos 1 y 2 del español Ángel Blanco López mencionados anteriormente, esto es, como recurso didáctico y como fuente de aprendizaje (Blanco López, 2004, p. 11). Con respecto a este segundo punto, se busca reducir la carencia información accesible sobre las particularidades geológicas de la provincia (una excepción en la enseñanza de profesorado la constituye el programa de

---

<sup>5</sup>

<https://www.unrn.edu.ar/archivos/planes/59/PLAN%20DE%20ESTUDIOS%202017%20PROFESORADO%20DE%20NIVEL%20MEDIO%20Y%20SUPERIOR%20EN%20BIOLOGIA.pdf?v=1542294790>

<sup>6</sup> [http://crubweb.uncoma.edu.ar/cms/?page\\_id=3946](http://crubweb.uncoma.edu.ar/cms/?page_id=3946)

<sup>7</sup>

<http://crubweb.uncoma.edu.ar/archivos/alumnos/2019/2019%20PBI/2019%20PBI%20INTRODUCCION%20A%20LA%20GEOLOGIA.PDF>

«Fundamentos de Geología y Geomorfología» del CRUB), de modo que las y los docentes puedan incorporar esas particularidades a la enseñanza.

Con relación a la enseñanza metacientífica, el libro se ofrece también como un insumo para la incorporación en las unidades didácticas del eje Naturaleza de la Ciencia (entendida como conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica), que desde hace unos 20 años se ha incorporado a los currículos (Adúriz-Bravo, 2007). Específicamente con relación a la enseñanza en los profesorados, Adúriz-Bravo (2007) brindó una lista de algunas de las cuestiones metateóricas clásicas de las que todo futuro profesor debe estar al tanto. Ellas son:

1. ¿Qué relación existe entre realidad y predicación? (en el campo de correspondencia y racionalidad)
2. ¿Cómo cambian las ciencias en el tiempo? (en el campo de evolución y juicio)
3. ¿Qué distingue la ciencia de otros tipos de conocimiento y actividad? (en el campo de estructura y demarcación)
4. ¿Qué relaciones pueden establecerse entre la ciencia y otras manifestaciones culturales? (en el campo de contextos y valores)
5. ¿Cómo se hace para validar el conocimiento científico? (en el campo de intervención y metodologías).

La propuesta didáctica que se presenta en la Parte II de este documento de tesis contiene, además de las ideas científicas del modelo a enseñar, ideas epistemológicas clave que responden a alguna de esas reflexiones metateóricas.

En definitiva, el libro se ofrece como un recurso novedoso y necesario, considerando la carencia de bibliografía y recursos locales o regionales en el nuevo esquema de escuela secundaria y la formación en geociencias del profesorado en Biología de las universidades nacionales con asiento en la provincia.

## OBJETIVOS, METODOLOGÍA, JUSTIFICACIÓN

### 1. Objetivos.

#### **Objetivo general**

Contribuir a la divulgación y enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la Tierra, en especial, de la geología y la paleontología.

#### **Objetivos específicos**

Ofrecer a estudiantes y docentes de la Escuela Secundaria Río Negro (ESRN), y a estudiantes y docentes del profesorado en Biología, un libro de divulgación para trabajar contenidos de ciencias de la Tierra con un enfoque regional, en el marco de distintas propuestas didácticas.

Contribuir a la educación científica de estudiantes y docentes.

Aumentar las competencias lectoras y promover el goce por la lectura de las y los estudiantes.

Que las y los estudiantes y docentes comprendan el valor de la ciencia en elaboración, más que de la ciencia «ya hecha».

Contribuir a construir una imagen de ciencia contextualizada.

Que las y los estudiantes y docentes conozcan a las instituciones involucradas en el proceso de construcción del conocimiento científico (museos y ferias de ciencias, universidades, organismos de C y T, etc.).

Contribuir a la articulación entre divulgación científica y educación científica formal.

Contribuir a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la Tierra, en tanto procesos agentivos, situados, multimodales y enactivos, desde una propuesta didáctica novedosa.

Alentar a las y los científicos (geólogos y paleontólogos) a involucrarse en la comunicación pública de la ciencia, en especial a la escritura de textos de divulgación.

Fomentar que la comunicación se haga de manera profesional, justificada científicamente según los aportes de la investigación en comunicación.

Favorecer una mirada crítica de la ciencia.

Promover la reflexión sobre la importancia y el valor de los saberes populares, el rol social de las creencias, mitos, historias tradicionales, sucesos locales, y otras formas del conocimiento, y su articulación con el saber científico.

Promover la reflexión sobre la relación entre el patrimonio natural, las historias vernáculas y la memoria popular, y su contribución a la construcción del sentido de identidad.

## **2. Metodología.**

La información científica y metacientífica que se vuelca en el libro se obtuvo a través de dos fuentes principales: 1) búsqueda bibliográfica: en Internet, de artículos científicos en bases bibliográficas específicas (Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del Mincyt, *Scopus*, *Google Scholar*, y las fundamentaciones y el Diseño Curricular de la ESRN) y de artículos de divulgación científica y notas periodísticas, y 2) entrevistas y consultas personales a científicas y científicos. Estas consultas persiguieron dos objetivos: 1) obtener precisiones sobre sus propias investigaciones o investigaciones de terceros, y 2) conocer su opinión y experiencia con relación a diferentes temas (la divulgación científica, la situación de las mujeres en la ciencia, etc.). Las entrevistas guardaron la forma de entrevista conversacional informal (Valles, 2007), mayormente a través del correo electrónico y mensajes de audio de WhatsApp, y en forma personal.

La mayoría de los personajes del libro son reales. Las personas personificadas dieron su consentimiento para figurar con sus nombres verdaderos, y todas fueron invitadas a leer las partes del texto en las que intervienen sus personajes y a sugerir cambios. Todas aceptaron la invitación, contribuyendo así, en mayor o menor medida, a la «construcción» de sus propios personajes.

La propuesta original incluía la realización de una «prueba piloto» en un establecimiento secundario de General Roca, con la cual se pretendía poner a prueba el libro como recurso didáctico. Debido a la crisis sanitaria de 2020, eso resultó materialmente imposible.

### 3. Justificación.

La propuesta se justifica en los siguientes cuatro puntos: 1) la escasez de material de divulgación de geología y paleontología de la provincia de Río Negro, en particular de materiales apropiados para su utilización en contextos de educación formal (sobre todo en la escuela secundaria y el profesorado); 2) la inexistencia de materiales originales y con una mirada regional, que permitan integrar a las ciencias de la Tierra con otras áreas del conocimiento, en particular con las ciencias sociales o los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (ECTS); 3) la necesidad de este tipo de materiales que plantea la implementación de la ESRN, la cual prevé nuevos temas y contenidos vinculados a las ciencias de la Tierra; y 4) la necesidad de lograr una mayor articulación entre investigación, divulgación y educación.

#### SOBRE EL LIBRO

De las diferentes ciencias de la Tierra, el libro de divulgación incluido como documento Anexo aborda sólo la geología y la paleontología, dejando de lado la astronomía, la meteorología, y otras disciplinas que el Diseño Curricular de la ESRN reúne dentro de ese amplio y diverso campo disciplinar.

Dividido en 17 capítulos (más una parte inicial y una final que no siguen la numeración), el libro reproduce un manuscrito ficticio escrito en primera persona por un paleontólogo, en el que su autor narra sus vivencias al escribir un libro de divulgación. De este libro de divulgación, el lector alcanza a conocer sólo algunas cosas; por ejemplo, que está organizado siguiendo un orden geocronológico, que algunos aspectos geológicos o evolutivos son explicados mediante analogías, y que las fuentes consultadas fueron artículos científicos o *papers*, notas periodísticas, libretas de campo, apuntes tomados en clase, y datos aportados directamente por los colegas de su autor. De la lectura del manuscrito se desprende que su autor no quedó conforme con la versión final de ese libro de divulgación.

En el punto 1 del «abordaje de la propuesta» de esta Parte I se discutió la relación entre la divulgación científica y la literatura. Más allá de si los productos divulgativos son o no literatura, es claro que hay diferentes «géneros» o «estilos» en cuanto a producciones de divulgación. Con relación al libro que es presentado en el documento Anexo, y sin pretender realizar un encuadre preciso o un análisis literario del mismo, puede decirse que hay elementos que lo acercan a la «ficción científica», por tratarse, en definitiva, de una obra de divulgación (no de una novela o

una obra literaria), por sus objetivos divulgativos y por la existencia de numerosas «costuras a la vista» (aquellas partes del texto con información científica explícita, organizada y claramente expuesta) y (sobre todo) «marcas de veracidad», que claramente revelan que el objetivo de su autor (el mío en este caso) es el de comunicar ciencia. Entre las «costuras» más evidentes se hallan los apuntes o anotaciones, los encuentros con los colegas, los emails, etc. Entre las «marcas de veracidad», están la condición de científico y la pertenencia institucional de su autor (mía, en este caso), el hecho de que el trabajo fue presentado en el marco de un posgrado en comunicación pública de la ciencia, la tecnología y la innovación, el hecho de haber pasado por una etapa de lectura por parte de la directora y de haber sido revisado críticamente por pares, y el hecho de haber cumplimentado ulteriores etapas de formalización, y sobre todo, el hecho de incluir un extenso último capítulo o epílogo, en el que se explicitan los conocimientos y brindan las referencias bibliográficas, capítulo por capítulo.

Si bien el libro es una obra del género «ficción científica», de «divulgación científica» en definitiva, el mismo invita a reflexionar sobre determinadas temáticas que no suelen ser abordadas en obras divulgativas: la construcción de la memoria colectiva y el sentido de identidad, el lugar que ocupan el conocimiento y los saberes populares, etc. Ese acercamiento hacia esas otras miradas se justifica en que, como sostienen las autoras del proyecto «Chicos y Grandes en casa a toda hora», «los conocimientos (científicos) tendrían poco o ningún sentido si no pudieran entrar en diálogo con comunidades más amplias, atendiendo intereses regionales y/o locales. Más aún, son posibles gracias a la circulación de esos otros saberes y cobran nuevos sentidos cuando entran en diálogo y trascienden muros disciplinares y académicos.»<sup>8</sup>

Por otra parte, existe una razón «pedagógica», y es que esas temáticas, si bien no corresponden al espacio curricular Ciencias de la Tierra, están planificadas en otros espacios de la ESRN, de manera que el libro podría favorecer el abordaje multi e interdisciplinar de contenidos de distintos espacios curriculares (Diseño Curricular ESRN pp. 58, 59, 117, y otras).

Lo mismo vale para la enseñanza del profesorado.

---

<sup>8</sup> <https://chicosygrandes.wixsite.com/inicio/perspectivas>



### **1. Proyectando el Libro en el aula: Orientaciones para el diseño de una Unidad Didáctica.**

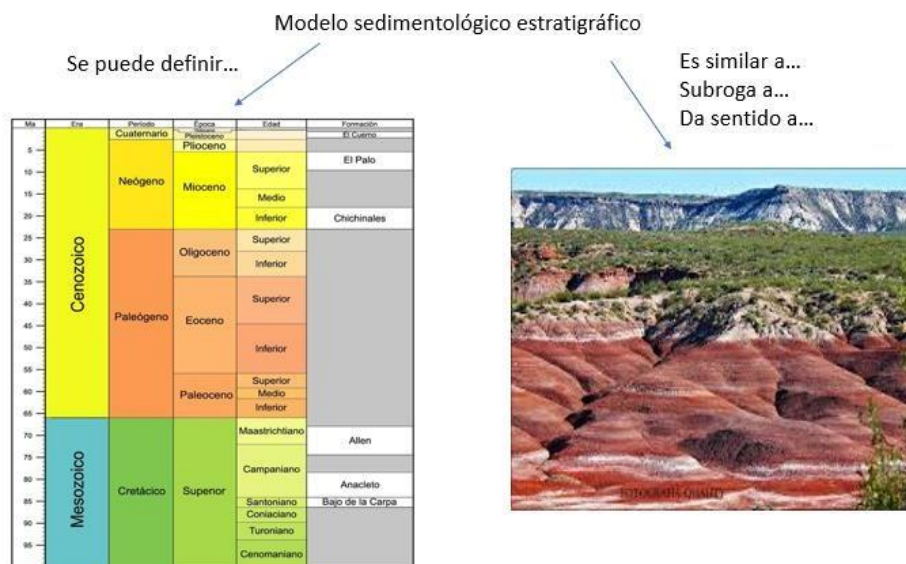
En este capítulo se desarrolla un diseño general de una unidad didáctica que contiene actividades que implican la lectura y análisis de algunas secciones del libro y que puede orientarse a la enseñanza de ciertos modelos geocientíficos en la escuela secundaria, en este caso el modelo estratigráfico. La perspectiva didáctica adoptada es la que brinda el Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar (Izquierdo, 1996; Izquierdo *et al.*, 1999).

La comprensión respecto a que el relieve y las rocas no son inmutables, la construcción de la noción de cambio incluyendo la escala de tiempo geológico, y el establecimiento de relaciones entre estratos sedimentarios, registro fósil y evolución de la biota del planeta para el reconocimiento del tiempo geológico, son algunos de los objetivos de la formación para la ESRN, y también son ideas que están en la base de diferentes descripciones que se realizan en el libro. De allí el interés para colaborar con su enseñanza.

### **2. Una breve referencia al campo de la didáctica de las ciencias naturales en el cual se inscribe el diseño de la Unidad Didáctica.**

Las orientaciones didácticas que se presentarán para el desarrollo de la Unidad Didáctica (de aquí en más, UD) son de base epistemológica, y se encuadran en una visión semántica de las teorías científicas que considera a los modelos científicos como herramientas fundamentales para dar sentido a los fenómenos naturales del mundo. Desde esta perspectiva, las teorías están identificadas, no tanto por los axiomas y leyes que contienen (enfoque sintáctico) sino por el conjunto de sus modelos. Según Ronald Giere (1992), uno de los principales referentes de esta corriente, los modelos teóricos, en tanto entes abstractos o representaciones mentales, son «similares» o «análogos» a los sistemas de la realidad a los que pretende subrogar. Estos modelos, reemplazan, simplifican y analogan elementos y relaciones de los sistemas reales, y son construcciones que, a modo de mapas, permiten otorgar sentido a los hechos del mundo.

Teniendo en cuenta a esta perspectiva epistemológica, desde los años 80 se sustanció una visión «modeloteórica» para la enseñanza de las ciencias naturales, el Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar (MCCE), desde el cual se propone que la educación científica debe emparentarse con la principal actividad de los científicos, esto es, ofrecer oportunidades a los estudiantes para pensar teóricamente a los hechos del mundo, con el objeto de construir sus propias «representaciones mentales» de los fenómenos y aproximarlas mediante la modelización, a los modelos científicos. Desde ese lugar, se ha elaborado una consistente y significativa alternativa didáctica a la tradicional enseñanza basada principalmente en una transposición analítica, que implica la fragmentación del modelo en aspectos que se enseñan a las y los estudiantes de manera expositiva y en una secuencia de clases.



Concepción de modelo teórico para el desarrollo de la UD. Adaptado de Izquierdo (2014, fig. 1), tomado a su vez de Giere (1988). Izquierda, cuadro cronoestratigráfico mostrando las distintas unidades litoestratigráficas expuestas en el Área Natural Protegida Paso Córdoba (centro-norte de Río Negro) (columna de la derecha, fondo gris); derecha, vista general del ANP, en donde se observa la misma sucesión de unidades.

Otro aspecto central del MCCE es la consideración de las cuestiones axiológicas implicadas en la actividad científica, esto es, la actividad científica entendida como una actividad social de construcción de consensos para intervenir en el mundo y, por lo tanto, orientada por valores.

De este modo, la actividad científica escolar debe ofrecer oportunidades para que las y los estudiantes no sólo desarrollen modelos explicativos sobre determinados hechos de la realidad, sino que también proyecten y concreten intervenciones con el objeto de transformarla.

En ese sentido, la contextualización de la enseñanza que ofrece la perspectiva Asuntos Sociocientíficos (SSI, por sus siglas en inglés), permite encuadrar a las modelizaciones que lleven a cabo las y los estudiantes en el marco de cuestiones socialmente relevantes y significativas, y que impliquen el desarrollo de la argumentación, con sus componentes retóricos, pragmáticos, teóricos y lógicos, y la discusión sobre valores implicados.

Por último, desde el eje Naturaleza de la Ciencia se propone que la modelización de los fenómenos de la realidad que lleven a cabo las y los estudiantes, transcurra junto a oportunidades para pensar ciertos aspectos de la propia actividad científica: ¿Qué es la ciencia?, ¿Cómo se hace?, ¿Cómo se relaciona con la sociedad?, con el objeto de construir visiones más actualizadas y críticas sobre la ciencia.

Diferentes producciones que integran las perspectivas mencionadas en el desarrollo de unidades didácticas se han utilizado como referencia para la producción de los lineamientos generales de una UD que implique una interacción significativa de las y los estudiantes con partes de textos del libro.

### **3. Orientaciones para el desarrollo de una Unidad Didáctica**

Objetivos de la UD:

Ofrecer oportunidades para que los y las estudiantes puedan:

1. Pensar teóricamente y modelizar aspectos relacionados con la estructura, el origen y la evolución de las geoformas presentes en el paisaje natural de la región (bardas, cañadones, etc.).
2. Aproximarse al modelo estratigráfico y a nociones de tiempo y eventos geológicos que permitan la comprensión del fenómeno estudiado.
3. Identificar la utilización de modelos analógicos en la actividad científica y caracterizarlos.

4. Abrir el análisis a una dimensión social, cultural y económica del paisaje natural y desarrollar competencias argumentativas en función de construir y fundamentar posicionamientos respecto de cuestiones controvertidas.

#### *Situaciones sugeridas para contextualizar*

Las siguientes situaciones pueden enmarcar y dar sentido al inicio de las actividades de enseñanza.

#### Situación A

Lectura de una nota periodística de un medio provincial sobre la presencia de la petrolera surcoreana en el Área Natural Protegida «Paso Córdoba» (sur de General Roca).

<https://www.barilochense.com/bariloche-social/pueblomapuche/comunidad-mapuche-pideinformes-por-explotacion-petrolera-en-paso-cordova>

#### Situación B

*Luego de la pandemia de COVID-19, y con la intención de reactivar el desarrollo turístico de la región se nos pide, desde un organismo público, la elaboración de algunas ideas para el diseño de una campaña que incluirá información sobre el paisaje de las bardas (escarpes de mesetas o acantilados) próximas a la ciudad.*

*Una de las tareas consiste en elaborar un listado de las actividades que podrían considerarse de interés para promocionar. ¿Cuáles actividades incluirían? ¿Por qué?*

*La otra tarea que se nos solicita consiste en producir un texto que acompañe la siguiente imagen (perfil de una barda con diferentes estratos) y que explique la historia de esa geoforma.*

Este ejemplo de actividad para la contextualización permitiría, por una parte, generar un ámbito para la explicitación de las visiones que poseen respecto de las diferentes actividades que se realizan en las denominadas «zona de bardas» en el valle del río Negro y también dar lugar y dejar registro de discusiones y posicionamientos iniciales sobre la inclusión o no de actividades como, por ejemplo, las vinculadas a la extracción de petróleo y gas, discusiones que se han instalado en la comunidad.

Por otra parte, la consigna de la situación B, que les solicita narrar una historia geológica (incluyendo la geomorfológica) a partir de la imagen, servirá como disparadora de las actividades de modelización inicial.

#### *Actividades sugeridas para la modelización inicial*

*En función de elaborar la historia geológica que se les solicita, discutir en grupos las diferentes ideas que tienen al respecto. Tienen a disposición diferentes elementos (hojas, marcadores) para construir gráficos y esquemas que les faciliten las explicaciones y también diferentes materiales (bandejas, palanganas, agua, diferentes muestras de arena y arcilla, planchas de telgopor, etc.) que pueden utilizar para ejemplificar las ideas que brindan. No olviden que la historia debe contar, en el tiempo, todo aquello que se cree que ocurrió para que ahora nos encontremos con esos estratos y esas geoformas.*

Este trabajo de modelización inicial es acompañado por las y los docentes a cargo quienes van estimulando el desarrollo de las explicaciones y las diferentes evidencias que proponen para justificar los modelos. La actividad permitirá contar con una base de explicaciones y de aspectos que están en la base del modelo a construir, por ejemplo, sobre los distintos tipos de rocas, la depositación de sedimentos y la formación de estratos, las nociones de tiempo geológico que implican en las explicaciones, entre otros. Todas las explicaciones serán socializadas, con el objetivo de identificar los aspectos consistentes y también aquellos que pueden ser más débiles y poco explicativos. Al finalizar esta etapa, y en función de las ideas presentadas por las y los estudiantes que fueron consistentes, las y los docentes formalizan el modelo relacionado con la depositación de los distintos estratos sedimentarios y la formación del relieve.

#### *Actividades sugeridas para la continuidad de la modelización*

Se les pide a las y los estudiantes la lectura del capítulo 11 «Detectives y quijotes en el ANP» (en forma individual, grupal o en formato de «teatro leído»). La tarea propuesta consiste en la identificación de datos presentes en el texto que se refieran a «tiempo geológico» y a «características de las rocas» (como posición, color, composición, etc). Junto a esta tarea, se distribuyen por cada uno de los grupos de estudiantes, fotos de las formaciones mencionadas

en el texto. En esta actividad, con el acompañamiento de las y los docentes, las y los estudiantes comenzarán a armar un esquema de estratos sedimentarios y también podrán comenzar a confrontar los períodos de tiempo que habían considerado en la modelización inicial del fenómeno.

Luego de que las y los estudiantes hayan avanzado en la producción de gráficos, se presenta el esquema de estratos sedimentarios para la región y las y los estudiantes confrontarán y adecuarán los esquemas producidos.

A partir de esta producción, se pueden desarrollar diversas actividades. Por ejemplo, se puede solicitar a los y las estudiantes que

*Lean el episodio «detectivesco» en el cual Ina, uno de los personajes del libro, propone a un grupo de niños que formulen hipótesis sobre las circunstancias de la muerte del dinosaurio de Paso Córdoba. A partir de la lectura, la tarea consistirá en responder la pregunta que uno de los niños realizó al paleontólogo: «¿Cómo saben la edad que tiene el dinosaurio?». Relean otras partes del capítulo buscando información que pueda ser de utilidad y ubiquen en el esquema estratigráfico la formación en la que se desarrolla el episodio del capítulo y la «edad» (antigüedad) probable del dinosaurio.*

Otra actividad puede proponer a las y los estudiantes, comparar esquemas estratigráficos del sector norte y del sector sur para pensar sobre las diferencias entre ambos márgenes del río Negro.

*Observen los siguientes esquemas de las bardas del norte y del sur del río Negro. ¿Qué diferencias y semejanzas encuentran? ¿Qué explicaciones pueden dar para las diferencias y ausencias de estratos en una y otra? ¿De qué manera podrían representarlo utilizando materiales cotidianos? Luego, lean el párrafo del capítulo en el cual el narrador decide subir a una loma para tener una vista de 360°. ¿De qué manera explica las diferencias?*

*Utilizando los esquemas estratigráficos, construyan un esquema del modelo «sándwich» que plantea el narrador para explicar las presencias y ausencias en las bardas norte y sur.*

Para cerrar esta actividad, se puede construir en conjunto con las y los estudiantes, un esquema que dé cuenta de las explicaciones de que hoy disponen las y los geólogos para explicar dichas diferencias.

*Actividades sugeridas para el desarrollo de una idea «sobre la ciencia»*

Este componente del episodio narrado en el texto puede ser útil para trabajar sobre la idea de modelo analógico en la actividad científica y sintonizar así a los y las estudiantes con el desarrollo de una idea metacientífica.

*¿Por qué creen que el paleontólogo que narra la historia, utilizó la figura de un «sándwich» para explicar las diferencias entre los estratos de las bardas norte y sur?  
¿Qué otra figura podría haber utilizado?*

A partir de las ideas que pongan en juego los y las estudiantes, se presentará la idea de «modelo analógico» para denominar a las comparaciones que en la actividad científica se hacen entre situaciones conocidas y aquellas que se desea comprender.

*Lean el siguiente texto de Gómez Galindo y Adúriz-Bravo (2011) e indiquen cuál es el «campo fuente» y cuál el «campo blanco» para la situación que analizamos.*

«Además de la argumentación, la analogía es otra competencia cognitivo-lingüística típica de las ciencias naturales que apoya la construcción de un pensamiento inferencial. Se trata de un recurso común del lenguaje y del pensamiento que consiste en buscar semejanzas entre dos situaciones, una conocida y otra novedosa, con el fin de dar sentido a la última por medio de la primera. Las situaciones (o «escenarios») que se comparan tienen una serie de significados asociados, por lo cual son llamadas campos semánticos. Llamamos campo fuente a la situación conocida —en el conocimiento de sentido común o la vida cotidiana— que sirve de punto de partida para la analogía y campo blanco a la situación de llegada, desconocida, que se quiere iluminar. El campo blanco está constituido por la ciencia escolar, que es el saber

«deseable» tras la enseñanza. La analogía como mecanismo de creación de significados ha sido muy utilizada a lo largo de la historia de las ciencias naturales, tanto en el contexto de producción de nuevo conocimiento científico como en el de comunicación del conocimiento ya establecido (esto incluye, principalmente, la enseñanza de las ciencias en la escuela).» (pp. 119-120)

*¿Qué «analogías» utilizamos cuando trabajamos en la primera actividad? ¿Todas fueron útiles y consistentes? Vuelvan a los esquemas estratigráficos que producen los geólogos y que utilizamos en las clases. ¿Piensan que también pueden ser considerados analogías? ¿Por qué?*

#### *Actividades sugeridas para integrar y complejizar el modelo estratigráfico*

En esta parte se solicita a cada grupo que produzca el texto breve que acompañará la imagen del material de difusión solicitado.

(Revisar si hay otros capítulos del libro en los que se describan fósiles marinos y de mamíferos)

Se les sugiere completar la información mediante la producción de un esquema estratigráfico simple y también la ubicación del petróleo/gas y su asignación a los organismos que los originaron (para ello se recomienda la lectura de la primera parte del capítulo 6 «Reunión cumbre en Maquinchao»).

#### *Actividades sugeridas para la aplicación y desarrollo de otras dimensiones de análisis (sociales, económicas, culturales, etc.)*

Como actividad de aplicación a otras situaciones, y considerando las ideas desarrolladas hasta aquí. Lean las noticias publicadas en:

<https://www.lmneuquen.com/como-eran-los-perezosos-que-vivieron-neuquen-hace-10-milanos-n666158>



y

<https://www.lmneuquen.com/estudiantes-la-unco-encontraron-restos-un-dinosaurio-elcampus-la-universidad-n636892>

*¿Qué explicaciones pueden dar sobre la presencia de formas de vida antiguas topográficamente más altas que otras más recientes?*

Como actividad de desarrollo a otras dimensiones:

*Desde el mismo organismo público se les pide ahora un texto indicando a la población la necesidad de preservar el patrimonio paleontológico. Indicar en el texto en qué zonas se puede encontrar qué tipos de fósiles y qué acciones se deberían tomar ante eventuales hallazgos casuales.*

Como actividad de cierre podría pensarse en un trabajo en grupos en el que unos presenten los aspectos científicos modelizados, otros aborden la dimensión cultural, otros los factores económicos, y organizar así un debate amplio en torno a la controversia planteada en el momento de contextualización, para que cada estudiante se forme una opinión propia.

#### **4. Conclusión.**

En esta Parte II se ha brindado una serie de ideas orientadoras para la elaboración de una UD para la enseñanza de un modelo científico concreto, el modelo estratigráfico, basado en el Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar, incluyendo las cuestiones axiológicas propias de este modelo. El objetivo es ilustrar cómo el libro de divulgación presentado en el documento anexo podría ser utilizado en el aula.

Por supuesto, el estratigráfico no es el único modelo científico que el libro permite trabajar. Otros son, sólo a modo de ejemplo: 1) el modelo de evolución geológica de la Patagonia en el Paleozoico, correspondiente, en la ESRN, al espacio de formación Ciencias de la Tierra I (cuarto año del Bachillerato con Orientación en Ciencias Naturales), como parte del Eje estructurante de saberes «La Geósfera» (ESRN, p. 312), utilizando el capítulo 2 «En Sierra Grande, hubo un tiempo en que las sierras eran más grandes»; y 2) el modelo de sucesiones paleofaunísticas en el Cenozoico de América del Sur, correspondiente al espacio de formación Ciencias de la Tierra

II (quinto año del Bachillerato con Orientación en Ciencias Naturales), uno de cuyos saberes a enseñar es «la relación entre estratos sedimentarios, registro fósil y evolución de la biota del planeta para el reconocimiento del tiempo geológico» (ESRN, p. 323), utilizando el capítulo 14 «El turno de los peludos»; y así con otros.

Por supuesto, los modelos a enseñar y los aspectos definitivos de cada UD deberán ser definidos por las y los docentes quienes son, en definitiva, junto con las y los estudiantes, los actores principales en el proceso de enseñanza-aprendizaje y los principales destinatarios del libro de divulgación que se presenta en esta tesis profesional.

### PARTE III

## DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, AGRADECIMIENTOS Y BIBLIOGRAFÍA

### DISCUSIÓN

Una aclaración necesaria antes de continuar. En esta parte de la tesis se presentan la discusión y las conclusiones del trabajo, cuya parte sustancial es, como se dijo en la presentación, el libro de divulgación. Es por esta razón que se recomienda la lectura del documento Anexo antes de continuar con esta parte.

El libro de divulgación presentado en el documento Anexo pretende contribuir a la enseñanza aprendizaje de las ciencias de la Tierra a través de un producto no convencional, ya sea como insumo para la elaboración de unidades didácticas, o como material de lectura para estudiantes y docentes, en el aula o fuera de ella, en el marco de la ESRN y el profesorado en Biología.

La propuesta responde básicamente a la escasez de material didáctico específico sobre geología y paleontología de Río Negro, evidenciada sobre todo a partir de la implementación de la ESRN, la cual formalizó la enseñanza de las ciencias de la Tierra en el nivel secundario de la provincia. El formato narrativo del libro propone un abordaje distinto de los saberes geológicos y paleontológicos, más acorde a la idiosincrasia y experiencia cotidiana de las y los jóvenes estudiantes.

El estilo narrativo y ficcional utilizado en el libro procura empatizar con el público joven. No se ha seguido el estilo tradicional de libro de divulgación, obviando citas bibliográficas, tablas, cuadros y esquemas (con la única excepción de un cuadro cronoestratigráfico del Fanerozoico al final del libro), reemplazándolos por ilustraciones que tienen más que ver más con lo argumental que con saberes disciplinares específicos. La parte final («Notas, Comentarios, Bibliografía, Agradecimientos, Pedidos de disculpas, etc.») amplía y fundamenta los saberes geológicos y paleontológicos desarrollados en cada uno de los capítulos del libro, ahora sí, proveyendo la fuente bibliográfica y haciendo las aclaraciones que corresponden en cada caso. (Como se mencionó, este capítulo es la «marca de veracidad» más destacada del trabajo.) Se ha intentado que esta parte del texto no se aparte mucho del estilo del resto del libro, por las mismas razones indicadas más arriba.

El libro aborda diferentes saberes de las ciencias de la Tierra (no todos incluidos en el curriculum de la ESRN) y varias reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia:

Capítulo 1. El rol de los modelos científicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje; la formación académica y profesional de las y los paleontólogos; la comunicación pública de la ciencia; los estereotipos de ciencia y de científico.

Capítulo 2. La escritura científica; las divisiones del tiempo geológico; el Paleozoico de Río Negro; distintos ciclos orogénicos paleozoicos en Río Negro; el «rol» evolutivo de las extinciones; la evolución paleogeográfica y su vinculación con la tectónica de placas; el rol de los fósiles en la reconstrucción paleogeográfica; la posible aloctonía de la Patagonia.

Capítulo 3. La imperfección del registro fósil; el rol social de la ciencia.

Capítulo 4. La extinción pérmico-triásica; el registro paleoicnológico de Río Negro.

Capítulo 5. La geomorfología glacial de la región de los lagos; las paleofloras triásicas de Río Negro.

Capítulo 6. El Jurásico de Río Negro; la formación de hidrocarburos, convencionales y no convencionales; geología de cuencas; inversión del relieve (geomorfología).

Capítulo 7. Las áreas naturales protegidas (ANP) y su importancia en la protección y difusión del patrimonio paleontológico; la evolución tectonosedimentaria de la cuenca Neuquina; los «Estratos con Dinosaurios»; principios de sedimentología; los llamados «fósiles vivos».

Capítulo 8. El registro paleoológico (de huevos fósiles) de Río Negro; las parataxonomías o «taxonomías paralelas»; la paleobiología.

Capítulo 9. La relación entre ciencia y tecnología; la relación entre ciencia, tecnología, y el (sub)desarrollo económico de nuestro país.

Capítulo 10. Epistemología; relación entre conocimiento científico y evidencia empírica; los reptiles readaptados a la vida en el mar; evolución biológica y Selección Natural.

Capítulo 11. El método de la abducción para la obtención de inferencias; estratigrafías, modelos y analogías; las técnicas paleontológicas, los hallazgos de fósiles (fortuitos y «planificados»); la estratigrafía del Alto Valle a la altura de General Roca.

Capítulo 12. El límite Cretácico-Paleógeno en Río Negro; las intrusiones marinas del norte de Patagonia y sus causas; las causas tectónicas del mar «de Kawas»; el «acto taxonómico» de nominación de nuevas especies fósiles.

Capítulo 13. El impacto local del asteroide caído en Yucatán a fines del Cretácico; la extinción cretácico-paleógena; unidades formacionales diacrónicas; los fósiles como indicadores ambientales; las sucesiones paleoflorísticas cenozoicas del sudoeste de Río Negro.

Capítulo 14. Las sucesiones paleomastozoológicas del terciario sudamericano (su registro en Río Negro); evolución y la influencia del sesgo antropocéntrico; el rol de las analogías en ciencia.

Capítulo 15. Geología de los acantilados de la costa atlántica rionegrina; correspondencias temporales entre unidades marinas y continentales.

Además, el libro aborda, directa o indirectamente, una serie de temáticas transversales: la situación actual de las mujeres en las geociencias, la relación entre memoria e identidad, la manipulación política de la identidad, la relación entre ciencia y otros tipos de conocimientos, ciencia y poder, poder e identidad, relación entre ciencia y literatura, la actitud del Ser Humano (y del científico) ante lo que la razón no consigue explicar, la revalorización de saberes populares, historias, mitos, leyendas, etc.

Varios de los saberes -mencionados anteriormente coinciden con algunas de las ideas claves de la alfabetización geocientífica de Pedrinaci *et al.* (2013), con el siguiente orden de capítulos en el libro: Idea clave 3.10: Las rocas sedimentarias suponen el principal archivo de la historia geológica y del desarrollo de la vida en la Tierra (en el libro, los caps. 2-7, 11-13, 15); Idea clave 5.1: Los fósiles constituyen el testimonio de la vida en el pasado y ayudan a entender el presente (caps. 2-5, 7, 8, 10-15); Idea clave 5.2: El origen y evolución de la vida está ligada a la propia evolución de la tierra como planeta (caps. 2-4, 6, 12, 14); Idea clave 5.5: La historia de la tierra está marcada por importantes eventos de extinción y diversificación de los seres vivos (caps. 2-5, 10, 12-14); Idea clave 6.5: La litosfera se encuentra dividida en placas que se hallan en continuo movimiento (caps. 2, 3, 12); Idea clave 6.6: El movimiento de las placas deforma las rocas de la corteza terrestre (caps. 2, 12); Idea clave 7.1: Los procesos externos modelan el relieve y evidencian el dinamismo superficial del planeta (caps. 2, 6, 11); Idea clave 7.9: La especie humana es un agente activo que transforma la superficie terrestre (cap. 14); Idea clave

10.3: El trabajo de campo es una herramienta básica para abordar la mayoría de las investigaciones o estudios en ciencias de la Tierra (cap. 11).

Considerando lo planteado por Olmedo Estrada (2011) los saberes expuestos en el libro están en línea con el curriculum formal que plantea la ESRN; toman en cuenta los conocimientos previos de las y los estudiantes, y tienden al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas (a través de, por ejemplo, la propuesta didáctica presentada en la Parte II de este mismo documento). De este modo, puede decirse que el libro cumple con los propósitos de la educación formal escolarizada que plantea este autor.

Como en toda ficción, el libro presentado en el documento Anexo cuenta con sus personajes. En la trama, cada uno de esos personajes cumple un rol. El que les cabe a las y los docentes e investigadores (incluyendo al protagonista y narrador) es claro: exponer los saberes eruditos. Son estos personajes quienes, al ser preguntados por el protagonista, explicitan el conocimiento científico empleando un lenguaje coloquial (aunque con sus inevitables «costuras a la vista»).

El rol de otros personajes es quizás menos evidente. El del protagonista y narrador es retratar a las y los científicos en su faz humana, como personas con valores morales positivos y negativos, posicionamientos éticos y políticos ambiguos, o incluso contradictorios, etc.

En cierta manera, el personaje de Ina encarna al investigador idealista movido sólo por el afán de conocer. Ina es el investigador que emprende todos los proyectos con entusiasmo, aun aquellos imposibles o con muy baja probabilidad de éxito. Es, en cierta manera, la contracara del protagonista y narrador, para quién la investigación científica se ha convertido en un trabajo.

Guille Sepúlveda es el único estudiante que figura con su nombre, más allá de las apariciones puntuales de Lihuen (capítulo 9) y Martina (capítulo 12). No está basado en una persona real, pero su historia es, en parte, una amalgama de historias de ex estudiantes reales del autor de esta tesis. En el libro, Guille nunca aparece en un contexto de aula. Justamente, el personaje de Guille pretende introducir en el libro la relación entre estudiantes y docentes, más allá del vínculo que los une en torno al proceso cotidiano de enseñanza-aprendizaje. ¿Qué conocemos los docentes de nuestros estudiantes más allá de su desempeño escolar o su rendimiento académico?

Otros personajes están basados en personas históricas, cuyas vidas, por un motivo u otro, forman parte de la memoria colectiva del pueblo que habita la provincia de Río Negro: Antonio

Curín, Bernabé Lucero, Filomena Ávila, Pedro Farías, Omar Villalba. En la ficción, sus fugaces apariciones son sentidas como trascendentales por el narrador y protagonista, y siempre se hallan envueltas de un halo de misterio. Lo mismo sucede con la dama tatuada del colectivo (basada en una leyenda de la Línea Sur). Todos estos personajes son, en definitiva, la razón por la que el protagonista ha decidido escribir un segundo libro y contar las cosas que le sucedieron mientras escribía el primero.

El rol de estos personajes es el de hacer reflexionar al protagonista sobre diferentes asuntos. Curín (el mozo de la pizzería), Lucero (el puestero y guitarrero), Pedrito (el niño del stand de la Feria de Ciencias), Fili, la preadolescente del barcito de la esquina, y, de igual modo, el joven de ascendencia mapuche, exhortan al protagonista a respetar y dar importancia a ciertas cosas que un sector de los científicos naturales normalmente no da, como los significados que ciertos objetos, lugares, representaciones o saberes vinculados con su propio quehacer, poseen para otras personas. El joven de ascendencia mapuche opera además como portavoz del mundo tehuelche-mapuche; discute e interpela al protagonista acerca del valor de las tradiciones y las mitologías originarias.

El personaje de O.H.V. es tal vez el más complejo; atraviesa tres momentos muy distintos, cada uno de ellos representado por uno de los tres emails que le envía al protagonista. En un primer momento, en su primer email, sostiene un argumento conocido: es posible (y hasta cierto punto correcto) manipular (políticamente) la memoria para construir o consolidar la identidad y sentido de pertenencia de un pueblo, con el propósito (político) de garantizar su cohesión social. En un segundo email O.H.V. interpela al protagonista y narrador, haciéndole ver cómo también él, en tanto científico, participa del poder-saber, al pretender deslegitimar otras formas de conocimiento. En su tercer email O.H.V., Omar Hernán Villalba, ya es «Coquito», el «duende» de El Bolsón. Adopta aquí un tono más coherente con su nueva versión de lustrabotas, amigo de los *hippies* y los chicos de la calle.

Como se mencionó, a lo largo del libro se abordan distintos temas de geología y paleontología, varios de los cuales figuran en el diseño curricular de la ESRN. Esos saberes son expuestos (como se dijo, con «costuras a la vista») en forma de diálogos, notas periodísticas, libretas de campo, apuntes, etc. Toda la información geológica y paleontológica del libro es ajustada a publicaciones científicas, y referenciadas debidamente luego del capítulo de cierre, en la sección de «Notas, Comentarios, Bibliografía, etc.» En muchos casos (pero no en todos), esas investigaciones fueron realizadas por las mismas investigadores e investigadores personificados en el texto.

Las ideas para la elaboración de una unidad didáctica presentada en la Parte II de este documento, tienen como objetivo demostrar la potencialidad del libro como recurso educativo. Si bien la propuesta se centró en una parte del trabajo (el capítulo 11 «Detectives y quijotes en el ANP»), también podría tomarse el libro en su totalidad. Con respecto a esto último, siempre teniendo como objetivo principal la enseñanza de las ciencias de la Tierra y la reflexión metacientífica, podrían emplearse herramientas de otros espacios curriculares, como los ateneos de lectura, funciones de teatro leído, conversatorios presenciales o virtuales con el autor, y otras posibilidades que la institución escolar (sobre todo a partir de la implementación de la ESRN) y el profesorado universitario admiten.

Como se mencionó en la Parte I de este documento, Astudillo *et al.* (2012) aseguran que la enseñanza debería hacer reflexionar metacientíficamente a las y los estudiantes de profesorado sobre una serie de temas. En este sentido, algunos capítulos del libro de divulgación propuesto en el documento Anexo dan pie a algunas de esas reflexiones: relaciones ciencia-tecnología-sociedad (caps. 3, 9, 12); tensiones entre la ciencia y sus usos a lo largo de la historia de la humanidad (caps. 9, 11, 12); criterios de aceptación y validación de hipótesis y teorías (caps. 10, 11, 15); afirmaciones, evidencias y modelos de construcción del conocimiento en ciencias (caps. 1, 6, 10, 11); distinción entre hechos, hipótesis, teorías y leyes (caps. 3, 10); influencia de los valores personales y colectivos en el pensamiento científico (caps. 12, 17); diversidad de posiciones morales que atraviesan la ciencia, la ciencia como negocio, relación ciencia-empresas, conflictos socio-políticos y relaciones de poder (caps. 3, 6, 12, 17); la naturaleza y el papel de los espacios de comunicación, divulgación, actualización y legitimación de la producción científica (revistas, seminarios, congresos, etc.) (caps. 1, 17); el componente burocrático y administrativo y el papel de los poderes públicos como motor del trabajo científico; el comprender la naturaleza pública de la ciencia, así como el carácter casi industrial de la ciencia moderna (caps. 7, 15); etc.

En este sentido, se considera que la propuesta de libro de divulgación que se presenta aquí como tesis profesional cumple con varios de los objetivos pedagógicos y los propósitos de la enseñanza de las ciencias de la Tierra y las geociencias en los ámbitos de la ESRN y la enseñanza del profesorado.



## CONCLUSIONES

La presente tesis profesional consiste en un libro de divulgación de geología y paleontología para ser utilizado como recurso didáctico en la enseñanza de ciencias de la Tierra en la ESRN y el profesorado en Biología. El libro fue escrito en formato narrativo y ficcional, tomando en cuenta los beneficios que las narrativas poseen en la enseñanza de las ciencias. La tesis incluye una serie de ideas para la elaboración de una unidad didáctica sobre un modelo científico como forma de evaluar la potencialidad del libro como recurso didáctico. A este efecto se ha escogido un capítulo del libro que trata un modelo científico concreto (el de la estratigrafía y geomorfología del ANP Paso Córdoba) y una reflexión metateórica (la relación entre desarrollo económico y conservación del patrimonio), en el marco de un problema sociocientífico (la necesidad de elaborar una propuesta de desarrollo local, post-pandemia), si bien otras propuestas podrían extenderse a otros temas desarrollados en otros capítulos, e incluso al libro entero.

Se ha encuadrado el libro en un contexto eminentemente local: los lugares, los parajes, los personajes y las historias que figuran en sus páginas, son cercanos a la experiencia cotidiana de las y los estudiantes de la provincia, favoreciendo de esta manera un aprendizaje significativo de los saberes científicos y la reflexión metateórica.

El libro propone una lectura crítica sobre la ciencia entendida como saber hegemónico, mostrándola como un modo de conocimiento incompleto, que necesariamente debe complementarse con otros saberes, con los cuales debe entrar en diálogo. También reflexiona críticamente sobre ciertas actitudes de las y los científicos, provenientes sobre todo de las ciencias naturales, a veces desconectados de los problemas e intereses de la sociedad, más preocupados por ser oídos que por escuchar. Pero a la vez el libro destaca a las y los científicos curiosos, que arriesgan, y que anteponen a todo su pasión por conocer y cambiar el mundo, aun sabiendo que pueden terminar en un fracaso estrepitoso (y por ende ver mermado su prestigio).

El libro se ofrece como una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje, para la reflexión y el debate, en el aula y fuera de ella. Pero también para el goce estético y el disfrute, y es en ese sentido que este trabajo, predominantemente divulgativo y educativo, pretende, modestamente, poner un pie en el terreno de la literatura.

## AGRADECIMIENTOS

A mi directora Astrid Bengtsson, por el estímulo constante y por haber sabido orientar el proyecto desde su inicio hasta su terminación.

A todos mis profesores y profesoras de la Maestría, en especial a Sandra Murriello.

A la Universidad Nacional de Río Negro y sus autoridades, por otorgarme la media beca para la realización de esta maestría.

A las autoridades de la MCTel y a todo el personal de la Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro afectado a funciones de posgrado, en especial a Sofía Crosta, por su paciencia y apoyo constantes.

A todos mis compañeros de cohorte, artistas, docentes, comunicadores, científicos, por la hermosa experiencia compartida.

A los evaluadores de la tesis, Ari Iglesias, Eduardo Lozano y Antonio Mangione, por sus valiosos aportes y el tiempo dedicado a su lectura.

A los docentes, no docentes e investigadores del Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (UNRN-Conicet), por facilitarme información y sugerirme lecturas: Ignacio Díaz Martínez, Silvina de Valais, Paolo Citton, Pablo González, Santiago González, Darío Vera, Darío Orts, Magalí Cárdenas, Noelia Carmona, Soledad Brezina, Silvio Casadío.

A docentes e investigadores de otros institutos o universidades, Rodolfo Coria, Sebastián Apesteguía, Guillermo López, Agustín Martinelli, Mauro Passalía, Zulma Gasparini, John Ballesteros Prada, Ariana Paulina Carabajal, y a Pablo Panicles, de la Municipalidad de General Roca, por su gran colaboración.

Un agradecimiento especial a Eduardo Lozano, por su asistencia en la elaboración de la propuesta de unidad didáctica.

A mi esposa Andrea; a mis hijos Clara, Mariana y Juan Manuel; a mi papá Leonardo José, a mi tía Mercedes, y a mis hermanos, María José y Manolo, por el aguante.

A mamá, que no pudo llegar. A ella está dedicada esta tesis.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A., y Manassero Mas, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- Ackermann, E. K. (2015). Give me a place to stand and I will move the world! Life-long learning in the digital age/ Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo: el aprendizaje permanente en la era digital. *Infancia y Aprendizaje*, 38(4), 689-717.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *El Guiso Fantasmagórico*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
- Adúriz-Bravo, A. (2007) *¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica*. Biblioteca Virtual Educared. <http://educared.fundacion.telefonica.com.pe/sites/bibliotecavirtual/index.php/site/default/detalle/id/00000000013/que-naturaleza-de-la-ciencia-hemos-de-saber-losprofesores-de-ciencias>.
- Adúriz-Bravo, A. y Revel Chion, A. F. (2016). El pensamiento narrativo en la enseñanza de las ciencias. *Inter-Ação*, 41(3), 691-704.
- Alderoqui, S. y Pedersoli, C. (2011). *La Educación en los museos. De los objetos a los visitantes*. Paidós.
- Alfonso Sierra, R., Gallego Torres, P. y Martínez Delgado, L. (2016). Textos escolares de ciencias: la transposición didáctica y la lingüística sistémico-funcional del modelo de la doble hélice del ADN. *Revista Interamericana de Educación, Pedagogía y Estudios Culturales*, 9(2), 227-248.
- Allen, S. (2004). Designs for learning: studying science museums exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88(Suppl.1), 17-33.
- Arias Regalía, D. Bonan, L. y Wagner Gonçalves, P. (2018). Propuestas de formación docente para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en Argentina. *Terrae Didactica*, 14(4), 355-362.

- Arias Regalía, D. y Bonan, L. (2014). Relevamiento de los contenidos curriculares de Ciencias de la Tierra en la formación de profesores de primaria de la ciudad de Buenos Aires. *Terrae Didactica*, 10 (3), 455-460.
- Astudillo, C., Rivarosa, A. S., y Ortiz, F. (2012). La reflexión metacientífica a través del cine: un estudio sobre los saberes docentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 361-391.
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, W., y Feder, M. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. The National Academies Press.
- Bengtsson, A. M. (2012). *Divulgación científica: diálogo entre mundos. Concepciones de investigadores en física sobre transmisión y adquisición de conocimiento científico por medio de textos divulgativos*. [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid].  
<https://repositorio.uam.es/handle/10486/11664>
- Blanco López, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86.
- Bonan, L. (2009). A história recente das Ciências da Terra como estratégia de ensino para confrontar representações epistemológicas ingênuas. *Terrae Didactica*, 5(1), 4-9.
- Bonan, L. (2014). Acciones de difusión de las Ciencias de la Tierra en Argentina hoy. *Terrae Didactica*, 10(3), 250-259.
- Calvo Pascual, M. A. (2012). Libros y revistas de divulgación científica como recursos en la enseñanza de la Química y la Física en G. Pinto Cañón y M. Martín Sánchez (Eds.), *Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física* (pp. 125-134). Ibergaceta Publicaciones.
- Cereijido, M. (2002). Formando investigadores pero no científicos. *Revista de la Educación Superior*, 31(124), 125-135.
- Cortassa, C. G. (2010). Del déficit al diálogo, ¿y después? Una reconstrucción crítica de los estudios de comprensión pública de la ciencia. *Revista CTS*, 15, 47-72.
- Curtis, R. (1994). Narrative Form and Narrative Force: Baconian Story-Telling in Popular Science. *Social Studies of Science*, 24(1994), 412-461.

- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la Ciencia*. Akal.
- Falk, J. H. y Dierking, L. D. (2010). The 95 percent solution: School is not where most American learn most of their science. *American Scientist*, 98, 486-493.
- García-Manso, A. (2016). De El Mundo de Sofía a Tren Nocturno a Lisboa: claves didácticas para primaria y secundaria. *Campo Abierto*, 35(2), 29-39.
- Garelli, F., Cordero, S. y Dumrauf, A. (2016). Relato autobiográfico para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia: aproximación a la ciencia auténtica a partir de una investigación sobre el dengue. *Ciênc. Educ.*, 22(1), 183-199.
- Gasparri, E. (2016). *La comunicación social de las Ciencias como política universitaria. Límites y Potencialidades en la Universidad Nacional de Rosario* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fe]. <https://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/10562>
- Giere, R. (1988). *Explaining Science: a cognitive approach*. University of Minnesota Press.
- Giere, R. 1992. *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Gómez Galindo, A. A. y Adúriz-Bravo, A. (2011). ¿Cómo enseñar ciencia? en L.F. Rodríguez Gutiérrez, L.F. y N. García García (Coord.) *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI* (pp. 93-128). Dirección de Educación Pública de México.
- Gómez Mendoza, M. A. (2005). La transposición didáctica: historia de un concepto. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1, 83-115.
- González Monteagudo, J. (2011) Jerome Bruner and the challenges of the narrative turn. Then and now. *Narrative Inquiry*, 21(2), 295-302)
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 401-414.

- Izquierdo, M. (1996). Cognitive models of science and the teaching of science, history of science and curriculum. *Proceedings of the Second ESERA Ph.D. Summer School. Salónica: The Art of Text*.
- Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la enseñanza de las ciencias para todos (ESO, nivel secundario). *Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 7(13), 69-85.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Joubert, M.; Davis, L. y Metcalfe, J. (2019) Storytelling: the soul of science communication. *Journal of Science Communication*, 18(5) DOI: <https://doi.org/10.22323/2.18050501>  
[https://jcom.sissa.it/archive/18/05/JCOM\\_1805\\_2019\\_E](https://jcom.sissa.it/archive/18/05/JCOM_1805_2019_E)
- Mangione, A. (2017) Comunicación pública de la ciencia: más inquietudes que certezas. En: Gasparri, E. y Cassasola, M. (comps.) Ocho lupas sobre la Comunicación de la Ciencia. Universidad Nacional de Rosario. Versión audiolibro: [https://mx.ivoox.com/es/podcast-ocho-lupas-sobrecomunicacionciencia\\_sq\\_f1580122\\_1.html](https://mx.ivoox.com/es/podcast-ocho-lupas-sobrecomunicacionciencia_sq_f1580122_1.html) (consultado el 20/11/20).
- Meinardi, E. (2018). Alfabetización científica: más allá del dominio de los códigos y de las competencias de leer y escribir. Entrevista a Isabel Martins. *Revista de Educación en Biología*, 19(2), 78-84.
- Molina Puche, S., de Lemus Varela, C., Treviño Fernández, M. P., Tejada Sánchez, M. S., y Fernández Armesto, M. L. (2013). Una experiencia para utilizar la alfabetización científica en la formación de alumnos de magisterio: el proyecto “El cumpleaños de Darwin”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 424-437.
- Murriello, S. (2020). Comunicación pública de la CyY ¿en el fondo del ropero? *Ciencia, Tecnología y Política*, 3(5), <https://revistas.unlp.edu.ar/CTyP/article/download/10755/9671/34949>
- Olmedo Estrada, J. C. (2011). Educación y Divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(2), 137-148.

*Orientación Ciencias Naturales del Diseño curricular versión 1.0 ESRN.* (2017). Ministerio de Educación y Derechos Humanos. Gobierno de Río Negro.

Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G. R., Barrera, J. L., Belmonte, A., Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J. C., Fernández Martínez, E. M., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López Ruiz, L., Mata-Perelló, J. M., Pascual, J. A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L, Rodrigo, A. y Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 117-129.

Pérez Campillo, Y. y Chamizo Guerrero, J. A. (2011). Los museos: un instrumento para el Aprendizaje Basado en Problemas (APB). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación en Ciencias*, 8(3), 312-322.

Pinto Cañón, G. y Sánchez, M. M. (2012). *Enseñanza y divulgación de la química y la física*. Ibergaceta Publicaciones.

Pujalte, A. P., Bonan, L., Porro, S. y Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes adecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciênc. Educ.*, 20(3), 535-548.

Revel Chion, A. F., Meinardi, E. y Adúriz Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciênc. Educ.*, 20(4), 987-1001.

Roqueplo, P. (1983). *El reparto del saber. Ciencia, cultura y divulgación*. Gedisa.

Sánchez Mora, A. M. (2010). *Introducción a la comunicación Escrita de la Ciencia*. Quehacer Científico y Tecnológico. Universidad Veracruzana.

Sánchez Mora, A. M. (2011) El recurso de la ficción en la divulgación de la ciencia: un asunto de alta costura. Reflexiones sobre el Quinteto de Cambridge de John L. Casti. *Revista de teoría literaria y literatura comparada*, 1(2011), 123-124.

Simis, M. J., Madden, H., Cacciatore, M. A. y Yeo, S. K. (2016). The lure of rationality: Why does the deficit model persist in science communication? *Public Understanding of Science* 25(4), 400-414.

Valles. M. 2007 (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Editorial Síntesis.

Vizcaya Carrillo, F. (2003). Reflexiones sobre “El Mundo de Sofía” y la enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de:

[http://www.kaleidoscopio.com.ar/fs\\_files/user\\_img/Filosof%C3%ADa%20y%20Educaci%C3%B3n/Reflexiones%20sobre%20El%20Mundo%20de%20Sof%C3%ADa%20y%20la%20ense%C3%B1anza.pdf](http://www.kaleidoscopio.com.ar/fs_files/user_img/Filosof%C3%ADa%20y%20Educaci%C3%B3n/Reflexiones%20sobre%20El%20Mundo%20de%20Sof%C3%ADa%20y%20la%20ense%C3%B1anza.pdf)