

El quehacer del científico al aula

Pistas para pensar

Agustín Adúriz-Bravo
María Dibarboure
Sylvia Ithurralde

(coordinadores)



Fondo Editorial
QUEDUCA

El quehacer del científico al aula

Pistas para pensar

Agustín Adúriz-Bravo
María Dibarboure
Sylvia Ithurralde
(coordinadores)



Javier Barrios Amorín 1518 - Montevideo
Telefax: 2402 7183
E-mail: queduca@adinet.com.uy
www.quehacereducativo.edu.uy

Federación Uruguaya de Magisterio

Dirección: Teresita Rey
Edición: Rosario Illa
Diseño Gráfico: Alejandro Olveyra
Corrección: Marion Ikwat
Impresión: EIS
Impreso en Uruguay
Febrero de 2013

Dep. Legal: 361.196

ISBN: 978-9974-7910-1-5

Sumario

Presentación - <i>Teresita Rey</i>	5
Los autores	7
Prólogo - <i>Irma Menéndez</i>	9
Equipo que realizó la investigación	10
Capítulo 1	11
Poner en acto. Dibuja un científico <i>Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales</i>	
Capítulo 2	13
Las imágenes de ciencia y de científico. Una puerta de entrada a la naturaleza de la ciencia <i>Agustín Adúriz-Bravo, Yefrin Ariza</i>	
Capítulo 3	21
Enseñar a los niños “esa cosa llamada ciencia”. Pensar la enseñanza desde el aprendizaje <i>María Dibarbouré</i>	
Capítulo 4	39
Una mirada al espejo retrovisor. Antecedentes de nuestra investigación <i>Miriam Márquez</i>	
Capítulo 5	45
Dime qué pides a los alumnos y te diré qué obtendrás. La importancia de la consigna <i>Ana Leticia Baccino</i>	
Capítulo 6	55
En pos de imágenes de científico. Indagación sobre la consigna más apropiada <i>Cinkia Hernández, Nérida Antúnez</i>	
Capítulo 7	73
Para leer los dibujos. Dispositivos que enriquecen el análisis <i>Ma. Cecilia Cicerchia, Andrea Etchartea</i>	
Capítulo 8	87
Pronto, listo y ya. Presentación de la investigación <i>Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales</i>	

Capítulo 9	93
Científico loco, ¿estás ahí? Cómo analizar la imagen de científico representada <i>Marlene Achigar, Ma. del Rosario Bertolotto, Selva de Paula, Ma. Cristina Borges, Perla Torres</i>	
Capítulo 10	111
Y... ¿qué ciencia representan? Cómo analizarla en los dibujos <i>Marlene Achigar, Selva de Paula</i>	
Capítulo 11	125
¿Qué imagen de científico y de ciencias representan? El pre-test <i>Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales</i>	
Capítulo 12	131
Primeros intentos. Algunas intervenciones <i>Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales</i>	
Capítulo 13	145
A la búsqueda de cambios. El post-test <i>Ana Laura García, Ma. Natalia Pizzolanti</i>	
Capítulo 14	153
Cambios, ¿todo cambia? Múltiples miradas a los resultados <i>Ana Laura García, Ma. Natalia Pizzolanti</i>	
Capítulo 15	167
Pistas para el aula. Al pensar actividades... <i>Ma. Cecilia Gesuele</i>	
Capítulo 16	175
Sí, pero... ¿cómo? - La naturaleza de la ciencia en el aula <i>María Dibarboure</i>	
Capítulo 17	183
¿El pez por la boca muere? El hacer de la ciencia contado por sus autores	
■ ¿Cómo exploramos los astrónomos? - <i>Gonzalo Tancredi</i>	
■ Rescate paleontológico en Soriano. El hallazgo del gliptodonte en “El Porvenir” - <i>Pablo Toriño</i>	
■ El manejo costero integrado y el abordaje interdisciplinario - <i>Daniel Conde</i>	
Bibliografía consultada y referida	199

Los artículos firmados por el *Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales* corresponden al equipo integrado por:

Marlene Achigar, Nérida Antúnez, Ana L. Baccino, Ma. del Rosario Bertolotto, Ma. Cristina Borges, Mariángeles Bugani, Ma. Cecilia Cicerchia, Selva de Paula, Andrea Etchartea, Ana L. García, Ma. Cecilia Gesuele, Cinkia Hernández, Sylvia Ithurralde, Miriam Márquez, Patricia Perazza, Ma. Natalia Pizzolanti, Perla Torres

Presentación

El **Fondo Editorial QUEDUCA** ofrece este material que acerca a los lectores la investigación realizada por el **Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales** de la revista *QUEHACER EDUCATIVO* de FUM-TEP, compartiendo una construcción colectiva de maestros con la dirección de especialistas.

Nos complace poner una vez más a disposición de nuestros colegas, el trabajo altamente profesional de un grupo de docentes que han dedicado largas jornadas a reflexionar y analizar el abordaje de los contenidos de ciencias de la naturaleza a nivel del aula.

Resulta muy gratificante ofrecer el producto de la reflexión comprometida y generosa, nada más y nada menos que de sus propias prácticas. Hoy lo comparten con todos nosotros, para continuar el camino inagotable del análisis pedagógico de los contenidos y su didáctica.

La Federación Uruguaya de Magisterio-Trabajadores de Educación Primaria, como organización sindical de profesionales de la educación, apuesta a respaldar toda iniciativa que promueva la profesionalización de sus afiliados, así como la jerarquización de nuestra tarea.

Por tal motivo otorgó todo el apoyo necesario para el funcionamiento de este y de otros equipos de nuestro Departamento de Investigación Educativa: una amplia difusión de la convocatoria y el respaldo organizativo, el espacio físico adecuado, la tecnología necesaria y la subvención económica para los traslados desde distintas localidades, facilitando la participación de los docentes de todo el país.

Cabe agradecer al entonces Consejo de Educación Primaria, presidido por la Mag. Edith Moraes, por otorgar el aval y autorizar que nuestra investigación se desarrollara en el campo fértil de las aulas de escuelas públicas de muchos lugares de nuestro país, confiando y apostando una vez más a las tareas de corte profesional emprendidas por FUM-TEP.

Vaya nuestro reconocimiento y agradecimiento a todos los docentes participantes, a los integrantes del equipo, a los científicos, a los asesores, a los coordinadores.

Faltan palabras para describir la tarea desarrollada. En forma presencial y virtual dedicaron muchas horas y extensas jornadas al estudio, al análisis y al intercambio siempre enriquecedor para quienes tuvimos el privilegio de compartirlo. Ideas, dudas, reflexiones, nuevas conceptualizaciones emergían de la puesta en práctica de las propuestas. Debemos recordar que en esta investigación se conjugan realidades muy diversas, en virtud del origen de los maestros que provienen desde diferentes departamentos siguiendo la rica tradición de nuestra Federación. Tras esta constatación debemos marcar el esfuerzo, la renuncia a tiempos de compartir en familia o dedicar al descanso, generosamente ofrecidos a quienes hoy compartimos este libro.

Deseamos destacar la responsabilidad y dedicación del Prof. Agustín Adúriz-Bravo al dirigir la investigación, agradeciéndole las orientaciones para el tratamiento de varios temas no siempre gentiles a la hora de ser abordados, para lograr una trasposición didáctica adecuada.

En forma particular agradecemos a la Prof.^a María Dibarboure, por la dedicación y el asesoramiento brindado. Por continuar “desafiando a pensar en ciencias” y estar a disposición a la hora de la duda, la consulta, con aportes que siempre abren abanicos de nuevas oportunidades de aprender.

Y muy especialmente, nuestro profundo agradecimiento a la Mtra. Sylvia Ithurralde, impulsora incansable de este proyecto, por su laboriosidad comprometida y solidaria. Siempre dispuesta, condujo la tarea del equipo compartiendo generosamente su experimentada sabiduría.

Vaya nuestro reconocimiento a la Mtra. Irma Menéndez, por su apoyo permanente compartiendo las jornadas sabatinas del equipo, y por su ejemplo de entrega y compromiso con los valores de la Escuela Pública uruguaya.

Gracias a todos y cada uno de los que participaron en esta construcción colectiva.

Mtra. Teresita Rey

Los autores

Agustín Adúriz-Bravo

Buenos Aires. Profesor de Enseñanza Media y Superior en Física (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA). Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Universitat Autònoma de Barcelona). Docente-Investigador en el CeFIEC - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA). Director del GEHyD-Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (UBA). Director Académico del Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Nacional de Catamarca. Profesor Investigador Visitante con continuidad en universidades de Europa (España, Grecia) y de América (Argentina, Chile, Colombia). Consultor Experto para el Ministerio de Educación (Argentina), UNESCO-OREALC (Chile), FLACSO Argentina, el INFID-Instituto Nacional de Formación Docente (Argentina) y la NARST-*National Association for Research in Science Teaching* (Estados Unidos).

María Dibarbouré

Montevideo. Química Farmacéutica (UdelaR). Magíster en Psicología Cognitiva (FLACSO-UAM). Coordinadora de Formación en Servicio PAEPU-ANEP-CODICEN. Directora del Programa Educación del IU CLAEH. Especialista en Constructivismo y Educación y en Enseñanza de las Ciencias, FLACSO Argentina. Asesora UNESCO para las pruebas de Ciencias Naturales SERCE-UNESCO. Asesora para la SENACYT de Panamá en la Formación permanente de docentes de Ciencias Naturales. Forma parte del comité académico del museo Ciencia Viva de Montevideo.

Sylvia Ithurralde

Montevideo. Maestra. Plan A “Ciencias Naturales” Instituto Magisterial Superior, Curso de Directores. Posgrado: Diploma superior en “Currículo y prácticas en contexto” (FLACSO Argentina). Coordinadora general del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Marlene Achigar

Salto. Maestra de Educación Común y de Educación Inicial. Curso de Directores ANEP. Curso: “Apoyo a la propuesta pedagógica de las Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Curso 2: “Apoyo a la implementación de proyectos de Ciencias Sociales y Ciencias Naturales en Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Nélida Antúnez

Tacuarembó. Maestra. Maestra adjunta a Dirección. Curso: “Apoyo a la Enseñanza para docentes de Escuelas de Contexto Socio-Cultural-Crítico” en las áreas de Matemática, Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, PAEPU. Curso de Áreas Integradas orientación Ciencias Sociales, ANEP. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Yefrín Ariza

Buenos Aires. Doctorando en Epistemología e Historia de la Ciencia (Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires). Investigador del GEHyD-Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (UBA). Integrante del Programa de Investigación en Filosofía e Historia de la Ciencia (Universidad Nacional de Quilmes).

Ana Leticia Baccino

Montevideo. Maestra. Curso: “Apoyo a la propuesta pedagógica de las Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Cursos 1 y 2: “Apoyo a la Enseñanza de la Matemática en Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

María del Rosario Bertolotto

Salto. Maestra de Educación Inicial. Curso de Directores ANEP. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales hasta el año 2010.

María Cristina Borges

Salto. Maestra de Educación Inicial. Curso de Directores ANEP. Maestra Inspectora de Zona. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales hasta el año 2010.

Mariángeles Bugani

Cardona. Maestra Directora de Escuela Rural. Gestora y fundadora del Museo Escolar Rural, Proyecto de Pedagogía Museística. Curso: “Apoyo a la Enseñanza para docentes de Escuelas Comunes” en el área de Matemática y Lengua, PAEPU. Curso Piloto: “Apoyo a la calidad del egreso escolar: Matemática y Ciencias Sociales para escuelas Aprender y Tiempo Completo”, PAEPU. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

María Cecilia Cicerchia

Montevideo. Maestra de Educación Común y de Educación Inicial. Curso: “Apoyo a la propuesta pedagógica de las Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Cursos 1, 2 y Profundización: “Apoyo a la Enseñanza de la Matemática en Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Curso 2: “Apoyo a la implementación de proyectos de Ciencias Sociales en Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Integrante del Consejo de Redacción de la revista *QUEHACER EDUCATIVO*. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Daniel Conde

Montevideo. Licenciado en Oceanografía biológica y Doctor en Ecología acuática. Profesor Agregado Gr. 4 de la Sección Limnología (Facultad de Ciencias, UdelaR). Investigador Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores e investigador Primer Nivel del PEDECIBA. Coordinador general del Centro Interdisciplinario para el Manejo Costero Integrado del Cono Sur (CURE, El, UdelaR) y de la Maestría en Manejo Costero Integrado.

Selva de Paula

Salto. Maestra de Educación Inicial. Curso de Directores ANEP. Coordinadora del Equipo de Estudio sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales de Salto. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Andrea Etchartea

Montevideo. Maestra. Posgrado: Diploma superior en Enseñanza de las Ciencias Naturales (FLACSO Argentina). Curso: “Apoyo a la propuesta pedagógica de las Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Curso 2: “Apoyo a la implementación de proyectos de Ciencias Sociales y de Ciencias Naturales en Escuelas de Tiempo Completo”, PAEPU. Maestra Contenidista (área de Ciencias Naturales) del Portal Educativo Uruguay Educa. Investigadora Gr. 1 del Laboratorio de Neurociencia Molecular y Farmacología del IIBCE. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Ana Laura García

Canelones. Maestra de Educación Común y de Educación Inicial. Curso: “Apoyo a la Enseñanza para docentes de Escuelas de Contexto Socio-Cultural-Crítico” en las áreas de Matemática y Lengua, PAEPU. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

María Cecilia Gesuele

Canelones. Maestra. Curso de Áreas Integradas, ANEP. Curso: “Proyecto de Desarrollo Profesional de Maestros Adscriptores en el Marco de la Transformación Docente”, ANEP. Curso: “Apoyo a la Enseñanza para docentes de Escuelas Comunes” en el área de Ciencias Sociales, PAEPU. Profesora de Taller en IFD de la Costa. Estudiante avanzada de la Licenciatura en Ciencias de la Educación de la FHCE, UdelaR. Realizando la tesina del Posgrado en Didáctica para la Enseñanza Primaria, IPES/ANEP-UdelaR. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Cinkia Hernández

Tacuarembó. Maestra. Curso: “Apoyo a la Enseñanza para docentes de Escuelas de Contexto Socio-Cultural Crítico” en las áreas de Matemática, Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, PAEPU. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Miriam Márquez

Montevideo. Maestra. Profesora de Pedagogía y de Investigación Educativa, IFD Pando. Estudiante avanzada de la Licenciatura en Ciencias de la Educación, FHCE, UdelaR. Realizando la tesina del Posgrado en Didáctica para la Enseñanza Primaria, IPES/ANEP-UdelaR. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales hasta el año 2011.

Patricia Perazza

Mercedes. Maestra. Curso: “Apoyo a la Enseñanza para docentes de Escuelas de Contexto Socio-Cultural Crítico” en el área de Lengua, PAEPU. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

María Natalia Pizzolanti

Canelones. Maestra. Curso de Áreas Integradas, ANEP. Curso: “Proyecto de Desarrollo Profesional de Maestros Adscriptores en el Marco de la Transformación Docente”, ANEP. Maestra Contenidista en el Área de Matemática del Portal CEIBAL. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales hasta el año 2011.

Gonzalo Tancredi

Montevideo. Licenciado en Astronomía (FHCE, UdelaR). PhD en Astronomía, *Uppsala Observatory, Uppsala University*, Suecia. Profesor Titular Gr. 5 del Departamento de Astronomía, Instituto de Física, FC, UdelaR. Investigador Gr. 5 del PEDECIBA en Física y Gr. 4 en Geociencias. Director del Observatorio Astronómico “Los Molinos” (MEC).

Pablo Toriño

Montevideo. Licenciado en Ciencias Biológicas, orientación Paleontología (FC, UdelaR). Tecnicatura Universitaria en Museología (FHCE, UdelaR). Ayudante del Instituto de Ciencias Geológicas (FC, UdelaR).

Perla Torres

Salto. Maestra de Educación Especial. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales hasta el año 2010.

Prólogo

La Federación Uruguaya de Magisterio presenta a los lectores la investigación realizada en el área de las Ciencias Naturales en aulas escolares.

En respuesta a la convocatoria del **Dpto. de Investigación Educativa de la revista QUEHACER EDUCATIVO**, un nutrido grupo de maestros, que decidieron participar desde distintos departamentos del país, se integró al equipo de Ciencias Naturales ya existente.

A partir del año 2008 se reúnen periódicamente, analizan los contenidos disciplinares del Programa Escolar y reflexionan sobre la Didáctica que, como teoría de la enseñanza, orienta las prácticas de aula.

Durante muchos meses se suceden los encuentros donde se intercambian experiencias, se plantean interrogantes que surgen en la clase y se analizan en el grupo docente, se orienta la búsqueda de información en distintas fuentes. Luego se comparte, se realizan consultas a profesores y especialistas del área...

De cada reunión emanan ideas, propuestas, a fin de observar en el aula escolar la respuesta y la intervención del alumnado, las que se traerían como aportes para analizar en el próximo encuentro.

Las interrogantes se gestionan en el grupo, aparecen dudas, acuerdos y discrepancias hasta que emerge la propuesta y la decisión: *“Investiguemos qué piensan los niños, qué imágenes construyen con las situaciones que viven”*.

Entre todos se decide investigar acerca de *“las concepciones de los niños sobre ‘el científico’ y la ciencia, expresadas en representaciones gráficas y lingüísticas...”*

Se acuerdan los instrumentos de investigación, se analizan los criterios de evaluación en relación a los grados, se intercambian opiniones...

Se enfatiza el valor que los resultados obtenidos tendrán para la Didáctica como disciplina y para las prácticas de aula.

Se perfila el rol de docente investigador que enriquecerá las situaciones de enseñanza.

Tras acompañar en forma presencial la mayor parte de los encuentros mensuales de este equipo, habiendo sido testigo de los valiosos intercambios de ideas, los enriquecedores análisis, y observando atentamente los resultados obtenidos, invitamos a los colegas a realizar la lectura de este libro, con el mismo interés e igual responsabilidad con que fue realizado, para lograr una más adecuada intervención docente en las prácticas de enseñanza.

Mtra. Irma Menéndez

Equipo que realizó la investigación

Investigador principal:

Dr. Agustín Adúriz-Bravo

Investigadora Académica:

Mag. María Dibarbouré

Investigadora Coordinadora:

Mtra. Sylvia Ithurralde

Maestras Investigadoras:

Marlene Achigar, Silvia Angueira,
Nélida Antúnez, Ana L. Baccino,
Ma. del Rosario Bertolotto, Ma. Cristina Borges,
Mariángeles Bugani, Ma. Cecilia Cicerchia,
Selva de Paula, Andrea Etchartea,
Ana L. García, Ma. Cecilia Gesuele,
Amparo Goñi, Cinkia Hernández,
Miriam Márquez, Ma. del Carmen Ochando,
Patricia Perazza, Ma. Natalia Pizzolanti,
Rita Santana, Yani Serra,
Perla Torres, Elisa Vera

Capítulo



Poner en acto

Dibuja un científico

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales

Aunque parezca absurdo, aunque “en los libros no se escribe”, igual te proponemos esta tarea. No la eludas. Ser consciente de nuestras ideas nos permite reflexionar sobre ellas y, por qué no, si es necesario, comenzar a modificarlas.

Dibuja una persona que hace investigación científica, tal como te la imaginas en un día de trabajo

A medida que avances en la lectura, te pedimos que vuelvas reiteradamente a este dibujo y establezcas un diálogo crítico con las conceptualizaciones que él representa.

Si lo consideras necesario, puedes escribir aquí todo aquello que te permita completar tu representación

Las imágenes de ciencia y de científico

Una puerta de entrada a la naturaleza de la ciencia

Agustín Adúriz-Bravo | Yefrin Ariza

«...dado que la enseñanza científica –incluida la universitaria– se ha reducido básicamente a la presentación de conocimientos ya elaborados, sin dar ocasión a los estudiantes de asomarse a las actividades características de la actividad científica, cabe esperar que esa imagen popular de la ciencia, en la que abundan los tópicos deformantes (como la imagen de los científicos asociada a “sabios despistados” que trabajan en solitario, aislados del mundo), persista incluso entre los profesores...»

I. Fernández y otros (2002:478)

Introducción

Desde la perspectiva actual de la didáctica de las ciencias naturales, hablar de ‘ciencia’ en los diferentes niveles educativos no remite exclusivamente a presentar las formulaciones complejas de las teorías o las ecuaciones matemáticas que suelen acompañar esas teorías.

Aunque en la enseñanza tradicional: *«La ciencia escolar suele transmitir una imagen de la ciencia académica del pasado –la que ha producido los conceptos que se incluyen en el currículo–»* (Acevedo y otros, 2005:131), ya desde hace unos veinte años, enseñar ciencias no comporta únicamente ‘enseñar las teorías’ de alguna disciplina científica; otros aspectos igualmente importantes, tales como los modos de elaboración del conocimiento científico, los cambios de las teorías en el tiempo y la manera en que ellas se relacionan con la sociedad de su época, han sido incluidos en la práctica de la enseñanza de las ciencias. Las reflexiones o conceptualizaciones que se realizan *sobre* estos aspectos esenciales de la ciencia (productos, métodos, cambios en el tiempo y relaciones con la sociedad) constituyen lo que se entiende como ‘conocimiento *metacientífico*’. Coincidimos entonces con esta postura y aceptamos que para alcanzar el objetivo actual de una educación científica de calidad para todos y todas, se hace necesaria una enseñanza *de* la ciencia y *sobre* la ciencia, es decir, una enseñanza con componentes metacientíficos.

La manera en que conceptualizamos el conocimiento sobre la ciencia es a través de lo que la comunidad de didactas de las ciencias naturales denomina ‘naturaleza de la ciencia’ (McComas, 1998). En este libro nos referimos a la naturaleza de la ciencia como un conjunto de contenidos sobre la ciencia de interés escolar. Creemos que los contenidos sobre la ciencia contribuyen a la conformación, en diferentes audiencias, de lo que se conoce como una ‘imagen de ciencia y de científico’ valiosa. A lo largo de este libro, la expresión de ‘imágenes de ciencia y de científico’ se refiere a las creencias (conceptualizaciones) que los niños y niñas sostienen sobre los diversos aspectos de la ciencia y sobre quienes la practican (los científicos y científicas).

¿Qué estudia la naturaleza de la ciencia?

Resulta complicado establecer consensos unánimes en la comunidad de especialistas con respecto a qué es la naturaleza de la ciencia. Esto no obtura la posibilidad de identificar al menos tres objetos con los cuales la actual didáctica de las ciencias suele relacionar esta expresión. De manera general, la naturaleza de la ciencia:

1. Designa nuestro conocimiento en torno a lo que la ciencia es. Este conocimiento se apoya en las reflexiones que se hacen desde las *metaciencias* (epistemología, historia de la ciencia, sociología de la ciencia, psicología de la ciencia, lingüística de la ciencia, etc.) sobre los aspectos caracterizadores de la actividad y el conocimiento científicos, señalando posibles respuestas a la cuestión de “qué es esa cosa llamada ciencia” –usando las famosas palabras de Chalmers (2000)–.
2. Hace referencia a un componente emergente dentro del currículo de ciencias naturales de todos los niveles educativos –incluso a nivel primario–, que se ocupa de reflexionar sobre el carácter de la ‘empresa’ científica. En este sentido, los contenidos de la naturaleza de la ciencia son considerados como la base para la alfabetización científica.
3. Por último, constituye una línea de investigación, innovación, docencia y extensión (Matthews, 1994; Adúriz-Bravo, 2005b) perteneciente a la didáctica de las ciencias naturales, que aborda los problemas surgidos cuando el conocimiento metacientífico se convierte en objeto de enseñanza. En este último de los sentidos, la naturaleza de la ciencia acude principalmente a la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia para informar y guiar diferentes aspectos de la formación científica (por ejemplo, la formulación del currículo, la planificación de unidades didácticas, el diseño de materiales y textos, la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias naturales, la solución de problemas específicos de enseñanza y aprendizaje, etc.).

¿Para qué enseñar la naturaleza de la ciencia?

La respuesta a la pregunta de *para qué* enseñar la naturaleza de la ciencia en la educación científica en el nivel primario (y en otros niveles educativos) no puede ser única. Por tanto, un problema crucial es identificar las diversas funciones que puede cumplir la introducción de contenidos sobre la ciencia para iniciar la formación, desde el nivel primario, de ciudadanas y ciudadanos autónomos, críticos, responsables, tolerantes y solidarios. Siguiendo las propuestas de varios autores (Matthews, 1994; Driver y otros, 1996; McComas, 1998), podemos reconocer tres finalidades fundamentales:

1. Una finalidad *intrínseca*. La naturaleza de la ciencia funge como reflexión ‘racional y razonable’ (Izquierdo-Aymerich y Aliberas, 2004) sobre las ciencias naturales, que sirve para analizarlas críticamente. En este sentido, la sola presentación de formalismos abstractos –tales como las ecuaciones de una teoría– en la educación científica aparece desconectada de su valor para pensar cuestiones interesantes alrededor de los dilemas que plantean la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad.
2. Una finalidad *cultural*. Se puede abordar la naturaleza de la ciencia desde las disciplinas científicas naturales (física, química, biología, geología, etc.), vinculándolas a otras áreas curriculares (por ejemplo, la filosofía, las ciencias sociales, la matemática y las artes), lo que posibilita destacar su valor histórico como creación intelectual humana, resaltando autores e ideas en el contexto social y cultural de cada época.
Por otro lado, el conocimiento acerca de la naturaleza de la ciencia permite generar una imagen de ciencia alejada de dos ‘ingenuidades’ igualmente peligrosas: rechazarla frontalmente como una superchería o mistificación opresora que da origen a todos los males de la humanidad (posición *relativista* extrema), o admirarla como un conjunto de

verdades ‘dogmáticas’ impuestas por la tecnocracia (posición *cientificista* extrema). Estas imágenes no son exclusivas de la escuela secundaria o de la universidad; de hecho, están ampliamente instaladas en el nivel primario. Estudios que indagan acerca de las imágenes de ciencia y de científico de los niños y niñas del nivel primario de diversos países, han identificado tanto visiones científicas –sobre todo en países en vía de desarrollo– como visiones relativistas –predominantes en niños (varones) de países desarrollados– (Sjøberg, 2000). Cualquiera de estas dos imágenes de ciencia podría ser matizada y enriquecida a través de una comprensión adecuada de diversos aspectos de la actividad científica. En esta línea consideramos que la naturaleza de la ciencia amplía la manera de ver el mundo y de actuar sobre él, y posibilita la humanización de la ciencia al relacionarla con las preocupaciones personales, éticas, políticas, culturales y religiosas (Matthews, 1994). La naturaleza de la ciencia permite la crítica y la reflexión sobre la actividad científica, proporcionando una imagen de ciencia más completa y madura, coherente tanto con los avances recientes en la reflexión metacientífica como con los objetivos contemporáneos de la educación científica.

3. Una finalidad *instrumental*. La naturaleza de la ciencia se ha convertido en una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos científicos. El saber sobre la ciencia a través de la intermediación de la naturaleza de la ciencia permitiría que los y las estudiantes vinculen mejor los contenidos y formas de pensar de las disciplinas científicas con el conocimiento del sentido común. Por otra parte, la reflexión generada desde la epistemología (vinculada con otras metaciencias) ofrece herramientas, materiales y enfoques muy útiles para la tarea cotidiana de enseñar ciencias, ampliando la reflexión por parte de los profesores y profesoras sobre los debates clásicos y contemporáneos de la ciencia que ellos enseñan (Adúriz-Bravo, 2011c). En este sentido, la naturaleza de la ciencia se transforma en una guía para identificar y atacar los obstáculos didácticos más importantes que aparecen asociados a la enseñanza de los grandes modelos científicos de la historia (modelos que nos permiten ‘atacar’ ciertos campos de problemas tales como el movimiento de los cuerpos, la transformación de las sustancias, la herencia, los sismos y volcanes, la biodiversidad, etc.).

Ahora bien, explicitar una naturaleza de la ciencia *adecuada* para la tarea de enseñar ciencias naturales en clases de primaria requiere prestar atención tanto al diseño curricular como a la construcción y fundamentación de estrategias de enseñanza. Nos ocuparemos a continuación de estas dos cuestiones.

¿Qué naturaleza de la ciencia enseñar?

Desde nuestro punto de vista, una naturaleza de la ciencia curricularmente adecuada y educativamente valiosa debería ser principalmente una reflexión de tipo epistemológico, ambientada en la historia de la ciencia y ‘advertida’ por la sociología de la ciencia contra el relativismo y el triunfalismo de la versión positivista tradicional que circula en clase (Adúriz-Bravo, 2005b).

Puesto que la reflexión sobre la ciencia se ha desarrollado a pasos agigantados en el último siglo, es necesario organizar la variedad de contenidos que puede ofrecer la epistemología. Esto puede hacerse usando varias estrategias (por ejemplo, Lederman y otros, 2002; Clough, 2007). Nosotros hemos preferido usar lo que llamamos ‘campos de problemas’¹ de la epistemología. Tales campos designan aquellos espacios en los cuales se ha desarrollado históricamente la reflexión epistemológica sobre qué es la ciencia, que ha apuntado a los siguientes aspectos, entre otros posibles:

¹ La denominación de ‘campos de problemas’ es aquí utilizada para redescibir lo que en otros trabajos se ha denominado ‘campos teóricos estructurantes’ (ver Adúriz-Bravo, 2001).

- ▶ La relación entre el conocimiento científico y el mundo natural.
- ▶ El cambio de las teorías a lo largo del tiempo.
- ▶ Los valores sostenidos por la comunidad científica.
- ▶ Las metodologías científicas.
- ▶ La representación del conocimiento científico mediante lenguajes elaborados.

El abordaje de estos y otros campos de problemas, a nuestro parecer, podría hacerse mediante el planteamiento de ‘cuestiones sobre la ciencia’ (que serían genuinas ‘preguntas metacientíficas’ adecuadas a las clases de primaria). Tales cuestiones permitirían reflexiones ricas sobre la naturaleza de la ciencia con los y las estudiantes; veamos algunos ejemplos:

- ▶ Sobre el *cambio de las teorías en el tiempo*: ¿La ciencia cambia siguiendo consensos y convenios de la comunidad científica?
- ▶ Sobre la *estructura de la ciencia*: ¿Qué diferencia la ciencia de las pseudociencias que circulan en los medios de comunicación masivos?
- ▶ Sobre los *valores en la ciencia*: ¿Cuáles son los beneficios que la ciencia presta a la sociedad actual en su conjunto y a los distintos grupos sociales?
- ▶ Sobre la *relación entre el conocimiento científico y el mundo*: Lo que los científicos y científicas dicen que existe en el mundo, como los electrones o las células, ¿tiene existencia real o es un conjunto de ideas para pensar?

¿Cómo concretar la naturaleza de la ciencia en las aulas?

Es importante advertir que para el desarrollo efectivo de una propuesta de naturaleza de la ciencia se requiere superar, al menos, tres dificultades.

La primera es la necesidad de que los profesores y profesoras de ciencias posean una formación epistemológica (y en general metacientífica) que sea adecuada para el nivel primario. Sin embargo, la inexistencia en el currículo tradicional de formación inicial del profesorado de una asignatura en torno a esta temática, no favorece el tratamiento de la naturaleza de la ciencia en clase.

La segunda dificultad es que los campos de problemas son demasiado abstractos y están planteados en lenguaje más bien técnico, lo que complejiza su enseñanza de forma directa. Las cuestiones sobre la ciencia, por su parte, dejan planteadas las preguntas sin proveer respuestas posibles, al no remitir a ningún modelo epistemológico en particular.

La tercera dificultad es que los niños y niñas poseen imágenes de ciencia y de científico ‘de sentido común’ muy arraigadas, que ralentizan la puesta en escena de constructos novedosos respecto de la forma ‘socialmente instalada’ de ver la ciencia. Estas imágenes obturan las posibles vías de construcción de conocimientos metacientíficos escolares en el nivel primario.

Creemos que, para superar estas dificultades, habría que introducir contenidos de la naturaleza de la ciencia en el área de la didáctica de las ciencias. El espacio de la didáctica en el currículo de formación inicial de maestros y maestras está plenamente garantizado; además, las finalidades de la naturaleza de la ciencia, señaladas en líneas anteriores, sintonizan con los enfoques didácticos vigentes.

Para la segunda y la tercera dificultad, consideramos importante concretar los constructos de *campos* y *cuestiones* a través del elemento que presentamos a continuación, elemento que termina de estructurar el esquema teórico de nuestra propuesta. Tal elemento es la ‘idea epistemológica clave’, ubicada en el nivel más concreto de la misma. Las ideas clave son afirmaciones sencillas que pueden ser entendidas como respuestas a las cuestiones que se plantean en los campos de problemas de la naturaleza de la ciencia. Estas ‘ideas’ pueden tomarse como postulados que afirman ‘algo’ acerca de la ciencia (podrían afirmar

algo acerca de los métodos científicos, de los cambios de las teorías en el tiempo, de las relaciones con la sociedad, etc.) y se conectan a algún modelo epistemológico particular. La característica principal de estas 'ideas' es que pueden ser introducidas directamente en las clases de primaria. Por ejemplo, la siguiente idea clave²: las personas que aceptan la teoría de la evolución de Lamarck ven a los organismos adaptándose al ambiente, mientras que las personas que aceptan la teoría de la evolución de Darwin ven al ambiente seleccionando los organismos que prevalecerán³, podría ser introducida en una clase de primaria de manera más sencilla que si se quisiera introducir 'directamente' el campo: metodologías de la ciencia, o la cuestión: ¿la mirada de los científicos sobre los fenómenos es objetiva?

He aquí otro ejemplo de la red campo-cuestión-idea:

	Ejemplo
<i>Campo</i>	Representación del conocimiento científico.
<i>Cuestión</i>	¿Cómo se presentan las teorías científicas?
<i>Idea</i>	Las teorías científicas identifican los fenómenos que 'pretenden' explicar. Al presentar la 'teoría celular' se exponen también los fenómenos que quiere explicar: la 'constitución y reproducción celular' de los 'seres vivos'.

Cuadro 1. Introducción de una idea epistemológica clave de la naturaleza de la ciencia como respuesta a una cuestión específica en un campo determinado (Adúriz-Bravo y otros, 2011).

Para la aplicación de este marco de ideas hemos sugerido la noción de *directriz didáctica* (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2002), que corporiza las recomendaciones de una enseñanza de las ciencias 'constructivista' en el caso de la naturaleza de la ciencia. Dentro de nuestros estudios, tres directrices se han mostrado interesantes para las aulas de primaria (Adúriz-Bravo, 2001; 2006):

1. El *uso de la historia de la ciencia como ambientación*. La historia de la ciencia como ambientación, contexto y encuadre para la naturaleza de la ciencia contribuye al interés por parte del profesorado y del estudiantado, al vincular las ciencias naturales con diversas disciplinas.
2. El *uso del mecanismo cognitivo y discursivo de la analogía*. El razonamiento 'analógico' facilita la relación entre los contenidos disciplinares presentes en el nivel primario y la naturaleza de la ciencia. El uso de situaciones conocidas (vida cotidiana, ficción, arte, enigmas) parece funcionar como punto de partida para 'reconstruir', por semejanza, constructos provenientes de las metaciencias.
3. El *uso reflexivo de procedimientos científicos de naturaleza cognitivolingüística*. Influenciados por los desarrollos actuales de la línea de investigación didáctica de 'aprender a hablar y escribir ciencias' (Sanmartí, 2003), creemos que la puesta en práctica de la *argumentación* y la *explicación científicas escolares* contribuye a la reflexión metateórica sobre los contenidos científicos (Revel Chion y otros, 2005).

² Este postulado acude a dos teorías de la evolución, que permiten ejemplificar la siguiente 'idea clave': las observaciones están cargadas de teoría.

³ Esta idea clave puede ser vinculada con la actividad *Vampiros en Valaquia* que se presenta más adelante.

La naturaleza de la ciencia y el cambio de las imágenes de ciencia y de científico

Hemos intentado, desde el grupo de investigación e innovación GEHyD, pensar y efectivizar estrategias que pongan en práctica la red que hemos propuesto, con el fin de contribuir a la construcción de unas imágenes de ciencia y de científico más acordes con aportaciones recientes de la epistemología que tienen valor educativo. Hemos trabajado con un número considerable de profesores y profesoras (cerca de tres mil) para constituir nuestro marco teórico y metodológico que, de a poco, se fue transformando en un curso completo de naturaleza de la ciencia para los profesores en formación inicial o continuada (Adúriz-Bravo, 2005b).

Tal como hemos sostenido anteriormente, la naturaleza de la ciencia posibilita la reconsideración crítica y la posterior reformulación de las imágenes de ciencia y de científico ‘tradicionales’, predominantes en las aulas de clase del nivel primario. Trabajar explícitamente la naturaleza de la ciencia es entonces esencial para ayudar a los niños y niñas a construir imágenes de ciencia y de científico más valiosas, como las que –de manera más o menos explícita– se sugieren en el currículo de ciencias de nivel primario de Uruguay. La ‘red de elementos’ descrita más arriba proporciona pistas para llevar adelante este tipo de trabajo, y *está debajo del diseño de las intervenciones de aula descritas en este libro*.

Expondremos ahora brevemente un ejemplo de cómo podríamos concretar esta red de elementos en un aula de clases del nivel primario.

Actividad *Vampiros en Valaquia*

En esta actividad trabajamos con leyendas de vampiros para aprender dos ideas clave sobre *las metodologías científicas*:

1. Las *observaciones* científicas están ‘cargadas’ de teoría.
2. Las *explicaciones* científicas se realizan con referencia a un modelo teórico que da sentido a los hechos del mundo.

Inicialmente, los niños y niñas reciben una lista de observaciones realizadas por campesinos de Valaquia (en la actual Rumania) durante el Renacimiento. Estas observaciones parecen desconectadas unas de otras y remiten a fenómenos acerca de lo que ellos llaman ‘no-muertos’ (*vampiros*). Los campesinos relatan, por ejemplo, que los vampiros, mientras están dormidos, parecen estar rozagantes y de su boca mana sangre fresca, y que, cuando se los encuentra en pie –siempre de noche– llevan capas largas de color negro, su piel es pálida como la de los muertos, y tienen colmillos largos y afilados.

Se pide a los niños y niñas que, desde sus ideas previas, propongan posibles explicaciones para estas observaciones. Después de esta discusión grupal, el profesor o la profesora presenta dos posibles explicaciones para los fenómenos: la *legendaria* y la *científica*.

En la primera se usa solo un modelo de referencia: el ‘modelo vampiro’. Según este modelo, todos los personajes de las observaciones pertenecen a una única categoría, con la extraña propiedad de no estar ni vivos ni muertos, y sus caracteres distintivos (hábitos nocturnos, palidez, dientes afilados, gusto por la sangre humana, etc.) son atribuidos a su naturaleza malévola.

La segunda explicación, que se presenta después de analizar detalladamente la anterior, utiliza dos modelos de referencia independientes: el ‘modelo cadáver en descomposición’ y el ‘modelo paciente porfírico’. Las observaciones se separan en dos listas, una para los muertos en sus tumbas y otra para los vivos en pie. Para la primera lista, los muertos pasan a ser vistos como cadáveres, cuya putrefacción natural produce gases orgánicos responsables de la *tumefacción* (hinchazón) y una mezcla de sangre y linfa que es rojiza pero no coagula. Para la segunda lista, los vivos pasan a ser considerados personas aquejadas de una enfermedad

genética gravísima y muy rara, el *mal de Günther* (cuyo nombre médico es ‘porfiria eritropoyética congénita’). Los síntomas principales de esta dolencia son una anemia muy severa (lo que explica la palidez), defectos en los dientes y *actinismo* (intolerancia a la luz solar, que les puede provocar daños graves en la piel) (Blanck-Cereijido y Cereijido, 1997).

Usando estos dos modelos de referencia, se muestra a los niños y niñas que las observaciones de la lista original están influenciadas fuertemente por las creencias populares. Por ejemplo, en lugar de decir ‘dientes largos y afilados, teñidos en sangre’, podría decirse de forma más neutral ‘dientes defectuosos, coloreados raramente y aparentemente más largos que los dientes normales’.

Para promover el interés de los niños y niñas en esta primera parte, se podría realizar la lectura de algunos pasajes de la obra *Drácula*, de Bram Stoker (Cuadro 2), o ver algunos fragmentos de películas sobre vampiros.

Drácula, de Bram Stoker
(Fragmento)

La aquilina nariz realmente le proporcionaba un perfil de águila. La frente era alta y abombada. Los cabellos muy escasos en las sienas, pero abundantes en el resto de la cabeza. Las cejas, muy pobladas, casi se unían en el entrecejo, y eran de pelo tan hirsuto y abundante que parecían rizadas. La boca, o al menos la parte que se veía bajo el largo bigote, mostraba una expresión cruel. Sus dientes, muy blancos, eran particularmente puntiagudos, pues sobresalían de los labios. Estos últimos, de un color rojo fuerte, daban señales de una vitalidad extraordinaria para un hombre de su edad. Las orejas eran muy blancas y terminaban en punta. Tenía el mentón ancho, señal de energía, y las mejillas un poco hundidas pero firmes. La impresión general que proporcionaba su rostro era la de una insólita palidez.

Cuadro 2. Material didáctico que podría entregarse a los niños y niñas en la actividad *Vampiros en Valaquia*.

Hemos trabajado en el desarrollo, la aplicación y la validación de otras actividades que podrían servir de guía para la extensión de esta propuesta a diversas temáticas del currículo de ciencias⁴:

1. *La muerte en el Nilo*. Retomando esta novela policial de Agatha Christie es posible trabajar, por analogía, el papel que jugaría el razonamiento abductivo (Samaja, 1999) en la investigación científica (Adúriz-Bravo, 2003).
2. *El impertinente péndulo de Richer*. A través de episodios históricos de la horología⁵ y de la determinación de patrones de medida, en los cuales el péndulo simple jugó un rol fundamental (Matthews, 2000), es posible ejemplificar los alcances y límites de las explicaciones disponibles en torno a la metodología científica (Adúriz-Bravo, 2004).
3. La reflexión acerca del método o los métodos científicos puede realizarse, también, con el análisis del conocido *episodio Semmelweis* (sobre la elucidación de las causas de la ‘fiebre puerperal’).

⁴ Para una revisión más detallada de estas y otras actividades, ver Adúriz-Bravo (2005b).

⁵ Práctica científica que se ocupa de la construcción de cronómetros y de la medición del tiempo.

Reflexiones finales

Las imágenes de ciencia y de científico que se construyen o consolidan a lo largo de la educación primaria están fuertemente influenciadas por 'ingenuidades' provenientes del sentido común, como se discute ampliamente a lo largo de este libro. Pero también aquí se intenta mostrar que esas imágenes pueden tomar distancia de las representaciones socialmente instaladas, si se pone en marcha una enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia. Así, podríamos pensar en unas imágenes escolares de ciencia y de científico, más ajustadas a la actualmente proclamada finalidad de una educación científica de calidad para todos y todas. La propuesta presentada en este libro apunta a constituir una naturaleza de la ciencia en esa dirección. En este sentido, las ideas aquí contenidas podrían brindar pautas interesantes en lo que respecta a la profesionalización del profesorado de nivel primario para el área de ciencias naturales. ■

Enseñar a los niños “esa cosa llamada ciencia”

Pensar la enseñanza desde el aprendizaje

María Dibarboure

El presente trabajo se elabora sobre la base de un artículo con igual nombre que fue publicado en la revista *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 114 (Agosto 2012).

«La ciencia, la más grande aventura del ser humano, ha sacudido su fe y engendrado en él sueños de una utopía material. En su expresión más abstracta, la ciencia se funde en la filosofía; en la más práctica, cura la enfermedad. Facilita nuestra vida y amenaza nuestra existencia. Aspira, aunque en algunos sentidos muy básicos falla, a entender a la hormiga y la Creación, el átomo infinitesimal y la inmensidad del cosmos que abrume a la mente. Ha puesto su mano en el hombro de poetas y políticos, filósofos y charlatanes. Su belleza a menudo sólo es evidente para los iniciados, sus riesgos son por lo general, malentendidos, su importancia se sobrestima y se subestima, y su falibilidad, y la de quienes la crean, con frecuencia se calla o exagera con malevolencia.»

B. L. Silver (2005:23)

En los últimos veinte años surge y se consolida dentro de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, una extensa y pujante área de investigación, innovación, docencia y extensión, referida a *la naturaleza de la ciencia*.

En 2008, la *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* publica un artículo sobre “El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias”. Ese estudio da cuenta de una visión crítica sobre esta línea de investigación, explicitándose las diferentes dimensiones en las que los investigadores han priorizado la mirada de los resultados. Importa destacar, para el presente material, que en todos los casos hay una muy favorable mirada hacia la *inclusión explícita* de la naturaleza de la ciencia (“NdC” en Acevedo Díaz, 2008) en la enseñanza.

«El que la NdC haya sido un objetivo permanente de la educación científica, así como que cada vez esté recibiendo más atención en los últimos años, puede interpretarse como consecuencia de que los estudiantes y la ciudadanía, en general, no tienen –y nunca han tenido– una adecuada visión de la NdC.» (Acevedo Díaz, 2008:134)

La revisión bibliográfica sobre las investigaciones referidas a la naturaleza de la ciencia y sus implicancias en la enseñanza en los últimos años, marca su importancia. Hay una vasta producción que se ha consolidado en un potente cuerpo teórico, que permite la discusión y la reflexión de la práctica de esta área del conocimiento escolar.

Es nuestro propósito retomar ideas, contextualizarlas en el escenario escolar nacional, y aportar más elementos que ayuden a pensar y permitan el sano debatir. Tenemos la firme convicción de que los docentes deben profesionalizarse cada vez más, porque la formación inicial es solo el comienzo del recorrido profesional. Para ello es necesario asumir el compromiso de lo que se *hace en el aula con los niños*. Responder a *por qué hacemos lo que hacemos y desde qué lugar*, debe ser un ejercicio habitual de quienes ejercemos la docencia. Para ello es necesario tener teoría y poder explicitarla, aspecto este que –la realidad nos lo dice– muchas veces está muy debilitado. Por esta razón nos hacemos eco de otras voces, la de expertos y especialistas que nos ayudan a pensar.

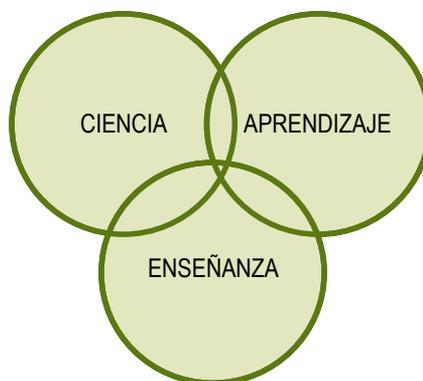
En la primera parte de este trabajo retomaremos las dimensiones teóricas que están detrás de cualquier situación de enseñanza. Entre esas dimensiones nos detenemos, en primer lugar, en la mirada *epistemológica* que condiciona claramente la manera en la que un docente planifica, implementa y evalúa la enseñanza, aunque muchas veces no sea consciente de ello. Las otras dos dimensiones –la *psicológica* y la *didáctica*– si bien tienen aspectos que les son específicos, serán abordadas desde su relación con la dimensión epistemológica.

En una segunda parte, y en conexión con lo anterior, nos detendremos a justificar por qué deberíamos *pensar la enseñanza desde el aprendizaje*, como forma explícita de intentar desde la *planificación* la clara definición de lo que deberíamos buscar con la enseñanza de las ciencias. Si nuestro objetivo en la educación científica es que los alumnos aprendan a pensar científicamente, de manera de poder comprender las explicaciones científicas y al mismo tiempo hacer uso de las habilidades del quehacer científico en la vida cotidiana, entonces es necesario trabajar explícitamente sobre los caminos que la ciencia utiliza y sobre la caracterización del conocimiento que produce.

► Primera parte: “Esa cosa llamada ciencia”¹

Toda situación de enseñanza conlleva supuestos teóricos que, aunque no se expliciten, están allí y se ponen de manifiesto cuando pensamos, implementamos y evaluamos lo que hacemos. Sanjurjo (2003) nos hace pensar, cuando nos dice que son muchos los supuestos que subyacen a la teoría y práctica pedagógica. A veces –dice la autora– explicitamos acordar con una concepción que no es la que se ve en nuestras prácticas. Otras veces no nos reconocemos ni siquiera en nuestros propios supuestos.

Entendemos que los supuestos teóricos que subyacen en una propuesta de enseñanza están representados en el gráfico que se muestra a continuación y que da cuenta de las dimensiones en que se ubican.



¹ Expresión que surge del título del reconocido libro del epistemólogo Alan F. Chalmers (2000): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. Madrid: Siglo XXI editores.

La dimensión *epistemológica* se traduce y explicita en el aula, a través de la noción de ciencia que el docente tenga. Esa noción no solo refiere a la caracterización del conocimiento que produce, sino también y fundamentalmente a los aspectos metodológicos que la definen. Involucra, además, la idea que el docente tiene de la relación entre la ciencia de los científicos y la ciencia escolar.

La dimensión *psicológica* se explicita a través de la idea de aprendizaje de los docentes. ¿Cómo piensan que se da el proceso de aprender? ¿Cuáles son los obstáculos naturales y los que surgen de la escolarización, para que se produzca ese aprendizaje? ¿Cuáles son los contextos más favorables para facilitarlos? Estas cuestiones son válidas en todas las áreas, pero ¿qué de específico tiene el aprendizaje de las ciencias? ¿Cuál es la idea de los docentes sobre ese conocimiento? Específicamente, ¿qué ocurre con el aprendizaje de las ciencias escolares?

La dimensión *didáctica* se manifiesta en el aula, a través de las situaciones de enseñanza. Existen modelos teóricos que permiten el análisis de la enseñanza desde las concepciones que están implícitas, los roles de los que participan y la naturaleza de la intervención que hace el docente a lo largo de la situación de enseñanza.

Las dimensiones se constituyen en unidades de análisis teórico con las que se puede mirar la práctica, teniendo en cuenta que los límites son solo ficticios y que, en la realidad, existen tensiones –como se verá en la segunda parte de este artículo– entre los supuestos que componen cada dimensión.

La dimensión epistemológica

¿Qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cómo construye su conocimiento, cómo se valida, cómo se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos...? De eso se trata cuando hablamos de naturaleza de la ciencia.

¿Qué ciencia es la que se enseña? ¿Cuál es la concepción que está implícita en las situaciones de enseñanza más comunes de la tradición escolar? Los docentes, ¿son conscientes de esas concepciones que presentan? ¿Qué relación existe entre la ciencia y la ciencia que se enseña? ¿Hay espacios de discusión o reflexión compartida sobre estos aspectos?

Adúriz-Bravo (2012) nos plantea la importancia de que, en su formación, los docentes tengan una mirada crítica y personal sobre la ciencia. Una visión que se corresponda con los tiempos en que vivimos. Según este autor, hay *campos estructurantes* desde la perspectiva epistemológica que los futuros docentes deberían conocer, y con ellos poder mirar las formas en que se implementa la enseñanza.

Consideramos, y con pena, que nuestro país está lejos de incluir en la formación inicial de los docentes, el estudio de la naturaleza del conocimiento que la escuela enseña. Nos atrevemos a afirmar aún más, que estamos lejos de poder debatir sanamente sobre su importancia y acordar líneas de trabajo más generales y coherentes. Contrariamente, los cursos de *formación en servicio para maestros* que la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP) promueve respecto al área de Ciencias Naturales desde 1999, han tenido a la *Naturaleza de la Ciencia* como eje fundamental sobre el cual hacer la revisión teórica de la práctica (Dibarboure, 2010). La experiencia se evalúa como positiva pero dificultosa, porque la matriz de formación –como nos adelantan los teóricos (Feldman, 1999) – no se modifica con facilidad.

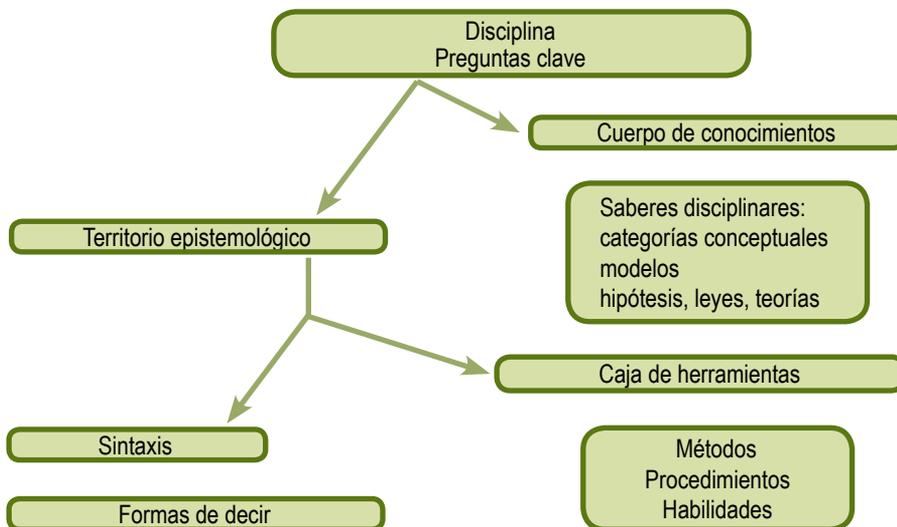
Respecto al currículo escolar (2008) y en concordancia con la formación inicial, la naturaleza de la ciencia no está como contenido explícito y no se sugiere, desde la fundamentación, que lo sea.

Premisas de partida

La ciencia es *más* que un cuerpo de conocimientos que se ha producido a lo largo de la historia

«...la ciencia tiene dos caras, o dos perfiles de la misma cara: por un lado encontramos los productos de la ciencia: los hechos, principios, leyes y teorías que constituyen la base del conocimiento y el conjunto de patrones de la ciencia; por otro los procesos de la ciencia: los métodos empleados en la recogida, análisis, síntesis y evaluación de las pruebas. Es importante destacar, porque se olvida a menudo, que entre los procesos de la ciencia se cuentan tanto los manipulativos como los cognitivos.» (Duschl, 1997:26)

Cada disciplina científica tiene un conjunto de preguntas clave que son *el motor* que les da sentido. Al intentar responder a esas preguntas, se crea un campo de conocimientos que las identifican, tanto por la naturaleza del conocimiento que producen como por la metodología particular que utilizan para tal construcción.



El cuadro muestra que las ciencias suponen un cuerpo de conocimientos y un *territorio epistemológico*. Cada disciplina del área científica tiene además *su propio territorio*. Ese territorio refiere a:

- ▶ las particularidades metodológicas y
- ▶ la sintaxis con que se comunica el conocimiento que se produce.

Según Bertollini (2007), para implementar los contenidos a enseñar, los docentes necesitan conocer el territorio epistemológico de la disciplina a la que pertenecen dichos contenidos y las problemáticas fundamentales por las que atraviesa en la actualidad. De ese modo será posible *deconstruir* el discurso científico desde una mirada epistemológica, pero también reconocer, con actitud vigilante, las transformaciones que sufre el conocimiento “sabio” como resultado de la transposición didáctica.

Por *caja de herramientas* (Dibarboure, 2010) entendemos, como señala el cuadro: los métodos, los procedimientos en ese recorrido metodológico y las habilidades que permiten

pensar y hacer tanto en la estrategia metodológica como en la elección de los procedimientos adecuados. Según Ruiz y Ayala (1998), la epistemología de una disciplina da cuenta de:

- ▶ cómo se adquiere y justifica el conocimiento, la manera en que los científicos se plantean problemas y las formas en que los resuelven;
- ▶ las condiciones en que cambian o abandonan los problemas;
- ▶ las categorías de respuestas a los problemas;
- ▶ los métodos de elaboración de esas respuestas.

Este conocimiento permite entender la estructura lógica de las teorías, la génesis de las categorías y los constructos teóricos, así como los supuestos que sostienen las diferentes clasificaciones que vemos en ciencias.

«La ciencia no es más que un modo de conocer la realidad. Según este modo, lo esencial no es qué sabemos sino cómo llegamos a saberlo. La investigación científica siempre parte de preguntas. Estas inquisiciones van desde la curiosidad y el desconcierto hasta la formulación rigurosa de hipótesis que pueden ser puestas a prueba. El asombro, la maravilla, la sed de explicaciones, la observación y el reconocimiento de regularidades y patrones son parte de este aspecto. Pero podemos estar de lo más convencidos de que tenemos “la verdad”... y se nos puede desmoronar de pronto y sin aviso. Justamente, otro de los pilares de esta forma de pensamiento es la contrastación. La realidad es el juez y motor del conocimiento científico (aunque, claro, la realidad va cambiando y, como mucho, nos vamos aproximando a conocerla). Queremos conocer y entender esta realidad y la sacudimos a preguntazos tratando de entender de qué se trata. Hacemos experimentos para ir afinando las preguntas, observamos, describimos, modificamos nuestras hipótesis.» (Golombek, 2008)

De la cita que transcribimos, marcamos especialmente dos expresiones:

- ▶ «*lo esencial no es qué sabemos sino cómo llegamos a saberlo*»; este aspecto se vincula claramente con la propuesta de Adúriz-Bravo en la formación inicial de docentes;
- ▶ «*queremos conocer y entender esta realidad y la sacudimos a preguntazos tratando de entender de qué se trata*»; claramente relacionado con las anécdotas del Doctor en Física R. E. Blanco², en las que las preguntas cumplen el rol protagónico.

Continuando con lo que muestra el cuadro respecto a lo que supone el territorio epistemológico, entendemos por *sintaxis* a los tipos de enunciados, las formas discursivas que conforman *el texto* de las diferentes disciplinas científicas y su terminología específica. Nos referimos a los tipos de enunciados con que la ciencia *nos dice* el conocimiento. Nuevamente cabe señalar que el actual currículo prioriza notoriamente lo que *la ciencia dice por encima de lo que supone entender cómo lo dice y cómo hace para poder decirlo*.

Lo referente a las formas de decir de la ciencia es lo que Adúriz-Bravo (2012) señala como uno de los campos estructurantes de investigación dentro de la naturaleza de la ciencia: “*Representación y lenguajes*”.

Enseñar ciencias supone también enseñar explícitamente su territorio epistemológico

Con esta afirmación nos referimos a que *la naturaleza de la ciencia debe ser enseñada*. No se trata de un aprendizaje natural.

² Ver: BLANCO, Rudemar Ernesto (2012): “La Física y los niños: dos anécdotas y algunas ideas” en Revista *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 112 (Abril), pp. 65-67. Montevideo: FUM-TEP.

En la última década se ha investigado profusamente sobre si la naturaleza de la ciencia debe ser trabajada implícita o explícitamente (Acevedo Díaz, 2008). Los resultados de las investigaciones muestran con claridad que una *enseñanza explícita y reflexiva* ayuda a los estudiantes y docentes a una mejor comprensión de lo que supone la naturaleza de la ciencia. La expresión *enseñanza explícita* refiere a lo curricular y requiere de una enseñanza debidamente planificada, mientras que *enseñanza reflexiva* supone que el estudiante debe encontrarse en el aula frente a diversas situaciones que le permitan analizar lo que ocurre desde la naturaleza de la ciencia. Es necesario el trabajo meta-cognitivo sobre las propuestas que deberán estar contextualizadas para tal fin (Acevedo Díaz, 2009b).

Sobre este enfoque Acevedo Díaz (2008) se cuida mucho de una falsa interpretación y aclara:

«...que una enseñanza “explícita” no es sinónima de “transmisiva de un modo directo”, sino que se refiere a un enfoque que permite hacer visible la NdC en el aula mediante una cuidadosa planificación, contenidos que se desarrollan en actividades variadas en contextos adecuados y una evaluación detallada de los procesos y resultados conseguidos.» (Acevedo Díaz, 2008:139)

La alerta que nos señala Acevedo Díaz nos recuerda lo que ocurre en muchos programas escolares, especialmente en la educación media, donde la primera unidad de cualquier asignatura científica es la ciencia y su naturaleza. La tradición hace que se aborde el tema al comienzo del año, y luego el resto de los contenidos se trabaja en forma descontextualizada de esa primera unidad.

La valoración de los docentes que participan en la experiencia en formación en servicio ha mostrado (Dibarboure, 2010) que se obtienen mejores resultados en los aprendizajes en ciencias de los niños, si la naturaleza de la ciencia se trabaja como contenido explícito de enseñanza no en un momento determinado del curso, sino a lo largo del mismo y al tiempo que se trabajan otros contenidos.

Si la ciencia es más que un conjunto de saberes, si existe un recorrido variado y creativo, pero sistemático y metódico, que habilita y contextualiza su enunciación; si además esa enunciación tiene particularidades, parece claro concluir que la enseñanza debe incluir *todos* estos aspectos como metas de aprendizaje.

Con estas premisas de partida, entendiendo que la ciencia es más que sus contenidos y que es necesaria una enseñanza que involucre una mirada más amplia de lo que ha sido tradicional, surgen cuestiones: ¿Qué ciencia enseñar desde la mirada de la naturaleza de la ciencia como contenido? ¿Qué aspectos son los que se deben tener en cuenta? ¿Cómo enseñar la naturaleza de la ciencia? ¿Qué actividades son las que promueven el aprendizaje buscado? ¿Cómo darnos cuenta de cuál es la noción que está presente en las actividades que forman parte de la tradición escolar? En el apartado que sigue pretendemos dar algunas respuestas.

¿Qué ciencia enseñar?

Con las premisas de partida señaladas, avanzamos con algunas ideas que resumen una posible postura epistemológica que nos sea útil como marco teórico para pensar e implementar la enseñanza.³

³ Las categorías seleccionadas conforman la base teórica con la que se han desarrollado los Cursos de Formación en Servicio para maestros de Escuelas de Contexto Crítico (2005-2009), y actualmente integran la experiencia de formación con maestros de Escuelas Comunes (2010 a la fecha). La selección pretendió dar respuesta a las debilidades más marcadas, que surgen de una indagatoria realizada a comienzo de 2005. En Acevedo Díaz (2008) se presenta un cuadro que resume una caracterización también operativa de NdC, que refiere a la ciencia y el conocimiento científico. La síntesis tiene un alto grado de correspondencia con lo que proponemos.

La ciencia se construye, no se descubre

Las prácticas habituales de enseñanza suponen la creencia de que es suficiente colocar a los aprendices ante ciertas evidencias, para que sea posible la construcción de saberes vinculados con las mismas. Los niños son invitados a observar plantas, animales, ollas con agua hirviendo, bajo el supuesto de que es suficiente estar allí, observarlo y describirlo, para conocerlo⁴.

Pozo y Gómez (1998) nos recuerdan que *«el conocimiento científico no se extrae nunca de la realidad sino que procede de la mente de los científicos que elaboran modelos y teorías en el intento de dar sentido a esa realidad»*. Claxton (1991) lo dice de un modo sintético: *«ya no es solo cuestión de escuchar la voz de la naturaleza»*, idea que da respuesta a lo que proponen corrientes claramente positivistas.

Esto no ocurre en el ámbito de la propia ciencia. Los científicos no descubren, logran *leer las evidencias que leemos todos...* pero de una manera especial, desde sus ideas, desde sus modelos mentales, desde sus concepciones. La interacción entre esas evidencias y sus ideas permite la construcción de hechos con los cuales se elabora el conocimiento.

La tensión que existe a lo largo de la historia entre el papel de la empírea y el mundo de las ideas se ve reflejada claramente en las aulas, lo que justifica que se trate teóricamente con la finalidad de poder entender, como mencionábamos anteriormente, *por qué y desde qué lugar hacemos lo que hacemos*.

Si la ciencia construye, ¿por qué se habla tanto de los “descubrimientos de la ciencia”?

A modo de notas, es interesante tener en cuenta que la divulgación científica no ayuda a *re-construir* esta idea. Se suele leer: “Fleming descubre ‘la penicilina’”, “Pasteur descubre que ‘no hay generación espontánea’”, “Newton descubre ‘la gravedad’”, y así podríamos seguir. Lo que estos científicos hacen es ver lo que los demás ven, pero de otra manera. Las evidencias son las mismas, *la forma en que se constituyen en hechos para comprender* tiene que ver con las ideas que ya tienen en *sus cabezas*, y es desde allí que construyen las ideas que llegan hasta nosotros. Encuentran, así, marcos explicativos a esas lecturas. Mirado desde esta perspectiva, tampoco los hechos son azarosos, les ocurren a las *“cabezas” que los están buscando*.

La ciencia es una actividad que supone la interacción intelectual con la evidencia

Este enunciado queda claro con las ideas expuestas anteriormente. Las evidencias se constituyen en hechos, debido a acciones de nuestro intelecto; los problemas o preguntas que surgen desde allí y la elaboración de recorridos posibles en busca de respuestas, no son otra cosa que un producto del pensamiento.

Este aspecto se remarca muy especialmente a los efectos de desmitificar la idea común en la escuela, de que *“hacer ciencia”* es sinónimo de *“hacer con las manos”*. Benlloch (2001) nos alerta sobre este punto cuando nos dice: *«...aunque se acepte que en el corazón de la ciencia hay un compromiso con la evidencia, a menudo su enseñanza parece obviar que la evidencia no adopta un camino independiente de la construcción teórica conceptual y heurística»*. Y más adelante agrega: *«los datos están allí pero no son nada sin interpretaciones, sin estructuras conceptuales que las sostengan, sin teorías y extrapolaciones que extiendan su poder explicativo»*.

En el cuadro que sigue proponemos algunos ejemplos.

⁴ El significado de “conocerlo”, en esta expresión, refiere al conocimiento disciplinar. Debemos tener presente que existen diferentes formas y niveles de aprendizaje. Lo que pretendemos decir es que las ideas que se plantean en la escuela en los ejemplos señalados, no requieren de la escuela para aprenderlos.

	Evidencia	Hecho científico	Lo que <i>dice</i> la ciencia
Ejemplo 1	Alcohol Peb 78 °C Agua Peb 100 °C Acetona Peb 56 °C Cloroformo Peb 61 °C Éter Peb 38 °C	Las sustancias en estado líquido tienen puntos de ebullición diferentes.	La temperatura a la que ebulle una sustancia la identifica, esto quiere decir que es una propiedad que la caracteriza, que permite diferenciar una sustancia de otra.
Ejemplo 2	Los descendientes de cualquier especie tienen rasgos de sus progenitores.	Existe una información que se transmite de padres a hijos (herencia biológica).	Existe una biomolécula que conserva la información y la trasmite en la reproducción (ADN).

La ciencia utiliza un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas para la construcción de sus ideas

Nos referimos a lo que tradicionalmente se dio en llamar método científico. Vinculándolo con la propuesta de los *campos estructurantes* de Adúriz-Bravo (2012), este punto corresponde al campo que él señala como “*Intervención y metodologías*”. La historia de la ciencia muestra que no ha existido un método único y universal para llegar a todos los conocimientos, como lo ha presentado tradicionalmente el escenario escolar. No se trata realmente de una secuencia de pasos definidos y preestablecidos, y mucho menos de que comienza con la observación.

La palabra *método* (Adúriz-Bravo, 2008c) es de origen griego y significa *camino que llega a alguna parte a la que se quiere llegar*. Usada en el ambiente científico evoca idea de certeza, exactitud, seguridad, orden, estructura, rigurosidad, resultados garantizados, ausencia de duda e incluye, además, una pizca de pedantería y autocomplacencia.

Esta versión de lo que *la ciencia hace para producir lo que dice*, en sus términos más generales adquiere su fama en el siglo XVIII. Es la versión positivista del método científico. Una versión que sostiene la ilusión de que es posible tomar datos objetivos del mundo y donde la experimentación está sobrevalorada (Adúriz-Bravo, 2008c).

En grandes líneas podríamos considerar que es el hecho formulado como problema el que da comienzo a la investigación científica. Hipótesis, observaciones, exploraciones, experimentaciones, comparaciones, clasificaciones, caracterizaciones, son acciones que habitualmente se vinculan con ese *hacer metódico y sistemático de la ciencia*.

Este aspecto de la dimensión epistemológica determina los modelos de enseñanza.

► Segunda parte: Enseñar ciencias a los niños

Aprendizaje y enseñanza: las otras dos dimensiones

Entre los supuestos que están presentes explícita o implícitamente en cualquier situación de enseñanza, encontramos las concepciones que el docente tiene:

- de cómo aprende el alumno y
- cuál es *la mejor manera* de enseñar.

La expresión *mejor manera* hace referencia a lo que el docente entiende por buena enseñanza en función del nivel escolar y del contenido a enseñar.

Estas dos dimensiones adquieren particularidades en relación al dominio de conocimiento involucrado, en nuestro caso, ciencias naturales.

La dimensión psicológica

Aprender esa cosa llamada ciencia

«Hay maestros que se dedican a ensayar nuevas alternativas y lo hacen con absoluto fervor. Hay lugares donde esas iniciativas tienen éxito. Pero la mayoría de esos experimentos no aplican todo lo que sabemos sobre la enseñanza y el aprendizaje y, por tanto, adolecen de ciertas limitaciones. Lo que nos falta, en cantidades colosales, no es el conocimiento sino el uso del conocimiento.» (Perkins, 2008:16)

Esta dimensión refiere a la forma en que es concebido el aprendizaje, y en especial el aprendizaje de las ciencias. Del mismo modo en que la noción de ciencia que el docente tenga, determina consciente o inconscientemente las situaciones de enseñanza que propone, la forma en que el docente entienda cómo ocurre el aprendizaje de conocimientos científicos, también condicionará la forma en que proponga sus actividades.

Para los ciudadanos comunes no es sencillo mirar el cielo una noche estrellada y asumir que la mayoría de las estrellas que vemos ya no están, que *han muerto hace miles de años*. Tampoco es sencillo aceptar que aquello que desde pequeños hemos percibido como materia sólida y maciza, está constituido más por *huecos* que por *materia* y que todo está formado por entidades que no se ven; no resulta fácil comprender que para no tener una enfermedad, nos introducen como vacuna el germen que la provoca. ¿Quién diría que una bola echada a rodar continuará así para siempre? La genialidad de Galileo consistió en suprimir mentalmente los efectos de la fricción, imaginando una bola rodando sobre una superficie cuidadosamente pulida, sin rozamiento alguno. Se trata de una situación prácticamente imposible. Se podrían seguir enunciando más aspectos vinculados con el decir de la ciencia y nuestra percepción, pero estos son suficientes para afirmar que la propia naturaleza del conocimiento es una dificultad intrínseca que deberá considerarse desde la perspectiva educativa. Desde hace mucho tiempo, se entiende que la comprensión de la naturaleza requiere de la formación de un espíritu, que tiene como primer obstáculo la experiencia básica.

Pozo nos ayuda a comprender aspectos a tener en cuenta sobre la adquisición de conocimientos.

«...la adquisición del conocimiento culturalmente acumulado requerirá el dominio de nuevos sistemas explícitos de representación, sobre los que se constituye en buena parte esa cultura y que de hecho formatean la cultura y, con ella, la propia mente. La interiorización de esos nuevos sistemas de representación explícita (o conocimiento) hará posible así una reestructuración de la propia mente, mediante la adquisición no sólo de nuevos conocimientos sino también de nuevos procesos cognitivos que generarán nuevas formas de representar el mundo; y, con ellas, nuevos mundos mentales desde los que reconstruir la propia mente a la vez que se reconstruye la cultura.» (Pozo, 2006:38)

En el apartado anterior marcamos que no basta con estar frente al objeto de conocimiento para aprender sobre él. Las formas de hacer y pensar de la ciencia no son una prolongación de la forma natural y espontánea en que los seres humanos nos enfrentamos al mundo.

«...nosotros pensamos que la ciencia requiere nuevos formatos representacionales para la mente humana, de modo que los programas de la ciencia no corren en la mente humana si ésta no se reestructura –o no se reformatea–, y que esto sólo es posible, aunque no probable, a través de una instrucción cuidadosamente diseñada.» (Pozo y Gómez, 2002:237)

Por su parte, Osborne nos dice:

«Lo que la ciencia nos proporciona, no es un saber que se puede conseguir con la simple experiencia... sino que se debe ofrecer mediante una enseñanza cuidadosamente programada porque las escuelas siguen siendo el principal agente de reproducción cultural.» (Osborne, 2002:44)

Las citas elegidas, provenientes de expertos investigadores, nos interpelan y hacen reflexionar sobre la enseñanza. La enseñanza pensada desde la naturaleza de la ciencia permite a los alumnos aprender a pensar. *No se puede aprender a pensar científicamente alejado de las formas de hacer de las ciencias.*

Muy sintéticamente diremos, sobre la base del respeto intelectual a los alumnos y con planteos “honestos” en el decir de Bruner⁵, que la educabilidad de los sujetos en ciencias *no está bajo sospecha.*

Los niños están en condiciones de aprender una ciencia –como construcción– si se la presenta de manera adecuada, y para ello es necesario tener presente que:

- ▶ hay dificultades intrínsecas en el aprendizaje del conocimiento científico que se enseña;
- ▶ el pensamiento formal es consecuencia del aprendizaje y no al revés⁶;
- ▶ las ideas de los niños son, en general, obstáculos para el acercamiento conceptual y es necesario conocerlas para planificar estrategias de enseñanza;
- ▶ el conflicto, el problema o la pregunta investigable son el motor y la puerta de entrada de la construcción de nuevas ideas.

Los puntos que señalamos pertenecen a la dimensión psicológica, pero están mirados desde la enseñanza y funcionan como indicadores que permiten dilucidar la concepción de aprendizaje que está presente en la implementación de una situación de enseñanza. La cita que presentamos a continuación permite entender mejor por qué es importante que esta dimensión –la psicológica– sea considerada y por qué deberíamos revalorizar la mirada sobre el aprendizaje cuando estamos pensando en la enseñanza.

«Estamos persuadidos de que sólo si comprendemos cómo aprenden los alumnos podemos mejorar la forma en que podemos enseñarles, pero también que sólo si comprendemos la forma en que les enseñamos podemos llegar a entender las dificultades de aprendizaje que viven (...) es mucho aún lo que tenemos que estudiar y que cambiar en nuestras aulas para lograr que la ciencia (...) formen parte del acervo cultural común en esta nueva sociedad del conocimiento. Muchos son los esfuerzos que debemos hacer...» (Gómez Crespo y otros, 2004:208)

⁵ Bruner sostiene que es posible aprender cualquier cosa, a cualquier edad, siempre que se presente de una manera “intelectualmente honesta” (citado por Perkins, 2008).

⁶ En los últimos años, los psicólogos que estudian el desarrollo cognitivo de los sujetos han cuestionado la versión piagetiana sobre la relación entre aprendizaje y desarrollo. Las investigaciones que se han realizado desde los enfoques socioculturales, y en especial sobre aprendizaje situado, muestran que el desarrollo cognitivo de los sujetos es consecuencia del aprendizaje o del intento de aprender, y no al revés.

La dimensión didáctica

Enseñar esa cosa llamada ciencia

Esta dimensión refiere a lo que los docentes entienden por enseñar y los aspectos que se deben tener en cuenta para ello. Desde los contenidos seleccionados a las estrategias para trabajarlos, los docentes deben tomar un conjunto de decisiones. Muchas veces no se tiene plena conciencia de lo que hay detrás de esas decisiones.

En este trabajo, nuestro interés es aportar elementos –muy sintéticamente– para responder a dos cuestiones: *¿qué enseñar?* y *¿con qué modelo?* La búsqueda de respuesta nos lleva nuevamente a nuestro punto de partida: la naturaleza de la ciencia y su enseñanza.

¿Qué enseñar?

Escapa a las finalidades de este trabajo remitirnos a la historia de la escuela como institución socializadora y educadora. Pero importa comenzar señalando que su historia permite comprender las dificultades que hoy se tienen para darle un nuevo significado. El desarrollo histórico de las comunidades humanas requirió de la aparición de la escuela como un lugar donde *se educara*, donde se prepararan las futuras generaciones a través de acciones específicas. Surge de la afirmación anterior que el *preparar para* y *acciones específicas*, le dan a la escuela su especificidad como institución.

Dentro de ese complejo escenario que es hoy la institución escolar, nos detenemos en lo que refiere a los *contenidos de enseñanza* establecidos por programas escolares, y en particular los referidos a las ciencias naturales.

«Los contenidos comprenden todos los aprendizajes que los alumnos deben alcanzar para progresar en las direcciones que marcan los fines de la educación en una etapa de escolarización, en cualquier área o fuera de ellas, para lo que es preciso estimular comportamientos, adquirir valores, actitudes y habilidades de pensamiento, además de conocimientos. Por ello hay que referirse no sólo a informaciones que adquirir, sino también a los efectos que se derivan de determinadas actividades que es necesario practicar para conseguir aprendizajes tan variados como los mencionados.» (Gimeno y Pérez, 1993:173)

Los contenidos de enseñanza de un programa escolar explicitan intencionalidades educativas. Son los que responden a la pregunta: *¿qué enseñar?*, o mirado desde otra perspectiva (Perkins, 2008): *¿qué queremos que los alumnos comprendan?*

Según Zabala (1997) debemos desprendernos de la lectura restrictiva del término *contenido* y entenderlo como todo cuanto hay que aprender para alcanzar unos objetivos que no solo abarcan aspectos cognitivos, sino también otras capacidades. Esta idea de contenido permite la explicitación de lo que tradicionalmente se ha llamado currículo oculto.

Es en respuesta a esta manera más amplia de ver los contenidos que, en muchas reformas educativas, se han disgregado los contenidos según su naturaleza (conceptuales, procedimentales y actitudinales). Dos décadas después se ha visto que, en realidad, esa caracterización de contenidos solo tiene sentido para su análisis, puesto que ninguno se puede aprender con independencia de los otros dentro de una misma disciplina. Los ministerios de educación o autoridades competentes son quienes determinan las mallas curriculares donde se explicitan y especifican los principios que las sustentan, los fines que se persiguen y los contenidos por grado o nivel, con una justificación de cada uno.

«La cuestión de los “contenidos escolares” es antes que nada, la cuestión del contenido y el significado social de la escuela misma como institución. (...) Los contenidos son,

pues, el referente central para definir la función social de la escuela: enseñar y aprender, y son también los que definen la enseñanza y el aprendizaje como una práctica social disimétrica y diferenciada, que está orientada a romper las disimetrías y romper lo común (...) Proponemos entender los contenidos en términos de saberes escolares. En tanto saberes implican siempre modos de referirse y representarse la realidad o bien de operar sobre ella (según la postura epistemológica que se tenga). En tanto escolares, implican un recorte, hecho desde algunos criterios que legitiman su incorporación a los procesos intencionadamente conducidos de enseñar y aprender (...)
(...) Revalorizar los contenidos es revalorizar el saber (todos los saberes) y entender que la escuela cumple su función cuando hace circular los saberes fundados, los enseña para que se aprendan y deja que se aprendan, para erradicar la marginación del saber y permitir así, a todos, mejores condiciones para luchar por niveles dignos de calidad de vida.»
(Cullen, 1997)

A manera de síntesis aplicaremos el término *contenido de enseñanza* al conjunto de conocimientos, habilidades, métodos y procedimientos que se proponen para que los alumnos aprendan, así como las actitudes y los valores relacionados a los mismos.

¿Qué contenidos enseñar?

Según Izquierdo (2005) hay dos tradiciones respecto a la didáctica de las ciencias en relación a los contenidos. Una prioriza más los aspectos pedagógicos del contenido (tradición europea) y la otra se detiene en estrategias y metodologías de enseñanza (tradición anglosajona). Según esta autora:

«Una teoría de los contenidos escolares ha de conseguir que el alumnado vea la clase de ciencias como una ocasión de entrar en una historia (de vivir la historia de “su” ciencia) como protagonistas, como narradores y como guionistas. (...)
Ha de conducir la construcción de los hechos científicos propios del currículo, gracias a la combinación de acciones y de pensamientos en el marco de un “modelo”, para que “aprender ciencias” sea transformar sus representaciones del mundo.
(...) ha de proporcionar criterios para no confundir el “conocimiento” con la letra inerte de los textos (sean cuales sean sus formatos) y para combatir el cientificismo y el enciclopedismo.» (Izquierdo, 2005:118)

Por su parte, Osborne (2002) cuestiona la relación cantidad/cantidad en la lista de los contenidos que suelen tener los currículos escolares y plantea trabajar *con unas pocas buenas historias explicativas* y aprender *desde allí* fundamentalmente *cómo se piensa la ciencia*. Entiende que la aportación cultural de la ciencia puede estar en un conjunto de ideas importantes sobre objetos y fenómenos del mundo.

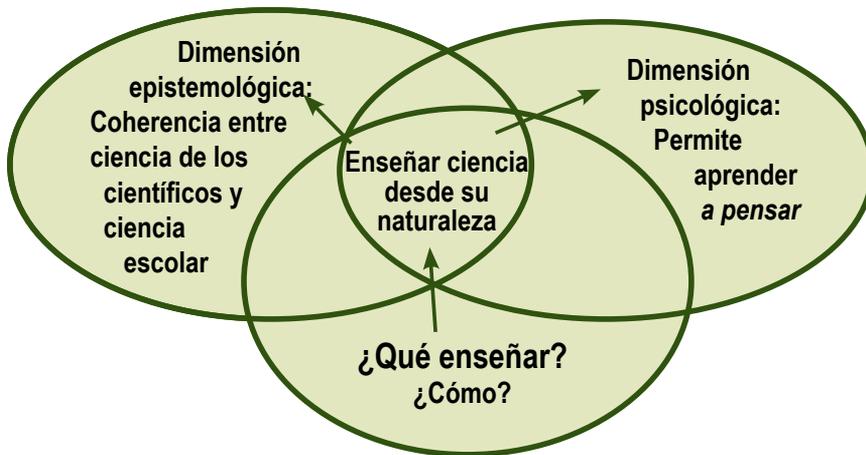
Queremos reiterar aquí que en nuestra malla curricular no aparecen *los otros contenidos* necesarios para poder entender cómo funciona la ciencia. Es decir, faltan los componentes epistemológicos de los contenidos presentados.

En síntesis, *¿qué enseñar?* Enseñar los distintos aspectos que supone la ciencia. No solo lo que dice y enuncia, también lo que hace para poder enunciar, ver el sentido y utilización de esa enunciación. Enseñar ideas estructuradoras que permitan aprender a pensar científicamente.

«Pensar científicamente requiere la capacidad de explorar y hacerle preguntas al mundo natural de manera sistemática pero al mismo tiempo creativa y juguetona. Implica poder imaginar explicaciones de cómo funcionan las cosas y buscar formas de ponerlas

a prueba, pensando en otras interpretaciones posibles para lo que vemos y usando evidencias para dar sustento a nuestras ideas cuando debatimos con otros.» (Furman y Zysman, 2001; citados por Golombek, 2008:48-49)

Para enseñar a pensar científicamente es necesario enseñar lo metodológico y procedimental desde la perspectiva conceptual, lo que supone mostrar el papel que han jugado y juegan esos recorridos en la construcción del conocimiento que la ciencia produce. Acotar un problema, trabajar con control de variables, estudiar cuál de ellas es la que tiene mayor incidencia en un fenómeno son, por ejemplo, situaciones comunes del trabajo científico, que tienen asociadas formas de pensar útiles, más allá de la propia ciencia. Estas habilidades se logran aprender en un escenario que es potencial y facilitador, como lo es el contexto científico. La figura muestra cómo se entrecruzan las respuestas sobre qué enseñar desde las dimensiones analizadas.



¿Cómo enseñar?

Para analizar la forma en que los docentes piensan, implementan e intervienen en las situaciones de enseñanza, se elaboran los llamados modelos didácticos. La palabra modelo, como en otros escenarios, significa *representación* y esa representación se constituye en una unidad de análisis.

Modelo de enseñanza y su relación con la naturaleza de la ciencia

El modelo de enseñanza que utiliza un docente en su práctica –respecto a las ciencias naturales– explicita posturas referentes a la concepción CIENCIA y a la relación ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.

Nuevamente, las dimensiones de las que hablamos al comienzo se entrecruzan y la naturaleza de la ciencia es el eje que las atraviesa.

Porlán (1999) revisa los modos de enseñanza y establece básicamente tres modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias. El siguiente cuadro es una manera de ordenar e interpretar las ideas de Porlán. A grandes rasgos describe tres modelos didácticos que han tenido –y tienen– presencia en las aulas de ciencia. Sobre la base de las ideas de Porlán, Furman y de Podestá (2009) sostienen que aunque hay una cronología en su aparición, es posible afirmar que en las escuelas de la región tienen presencia los tres modelos.

Categoría	MODELO TRANSMISIVO	MODELO POR DESCUBRIMIENTO	MODELO POR INDAGACIÓN/INVESTIGACIÓN
Visión sobre el conocimiento científico.	Es un conocimiento acabado, objetivo, absoluto y verdadero. Concepción empírico-positivista de la ciencia.	El conocimiento está en la realidad y hay que descubrirlo.	El conocimiento científico es una construcción humana. Se maneja con modelos y teorías que pueden modificarse en el tiempo.
Visión sobre la metodología de la ciencia.	Es una serie lineal de pasos que los científicos aplican para conocer la realidad.	Se basa en la interacción directa con la realidad, a partir de la cual se accede al conocimiento.	La ciencia es una actividad colectiva con una metodología variada. Busca evidencias, sistematiza los datos, enuncia teorías.
El docente y la enseñanza.	Es el portador del saber y quien transmite conceptos de manera activa. Se sigue la lógica académica.	Es el que provoca el encuentro entre los fenómenos y los alumnos. De ese encuentro se espera el enunciado de las regularidades.	Planifica cuidadosamente la enseñanza y guía en clase a los alumnos, promoviendo la construcción de contenidos tanto conceptuales como metodológicos. Utiliza preguntas y problemas como motor del aprendizaje.
El alumno y su aprendizaje.	Es un consumidor de conocimientos. Debe atender, captar y recordar los conceptos que recibe del docente.	Hay una postura más abierta y espontánea del aprendizaje.	El alumno tiene un papel activo y construye sus conocimientos a partir de lo que ya sabe. El alumno aprende por reestructuración de lo que ya sabe.

Como puede verse, el modo en que un docente enseña responde a una manera de concebir la ciencia, el aprendizaje y la propia enseñanza. El modelo por indagación es el modelo que está en concordancia con una ciencia que enseñe a pensar.

De los diferentes aspectos que están involucrados en el modelo, seleccionamos uno para desarrollar en esta publicación y que a nuestro entender es prioritario: *la pregunta investigable*.

Modelo de indagación y pregunta investigable

Es un modelo que tiene sus raíces en una respuesta al modelo de enseñanza llamado tradicional, de carácter transmisivo. Ya en 1909, John Dewey, filósofo y pionero de la educación estadounidense, argumenta frente a la “Asociación Americana para el Avance de la Ciencia” que en la enseñanza de las ciencias naturales se ponía excesivo énfasis en la acumulación de información y «*no se hacía hincapié en la ciencia como una manera de pensar y como una actitud de la mente*» (Furman y de Podestá, 2009). Este modelo transmisivo tuvo críticas importantes (analizadas por Porlán y Martín, 1991 y Gil, 1994; citados por Porlán, 1999), especialmente en lo que refiere al fracaso del aprendizaje de los alumnos en esta área. Esta idea de fracaso no solo surge de las evaluaciones estandarizadas, sino también del estudio de las concepciones de los alumnos, incluso de escolaridad avanzada. Las fuertes críticas a este modelo surgen en los años sesenta, se entiende que la lógica académica y formal que lo sostiene da una imagen descontextualizada y fragmentada de los contenidos científicos

que se aspiran enseñar. La respuesta a este modelo fue el modelo del descubrimiento o espontaneísmo psicológico. El modelo del descubrimiento sostiene la idea básica de que *el conocimiento está ahí*, en la realidad, y será descubierto gracias al interés y la motivación de los alumnos. En este modelo, lo que el alumno ya sabe no cuenta (Porlán, 1999). El cambio de enfoque, que no fue general porque muchos docentes mantienen el enfoque tradicional, tampoco dio los resultados esperados. Surge entonces otro modelo alternativo, sostenido con aportes de la filosofía de la ciencia y de la psicología cognitiva.

El modelo toma fuerza con las investigaciones realizadas en la década de los ochenta. Autores de diferentes lugares y de escuelas también distintas, postulan que la *investigación escolar*⁷ puede ser un principio didáctico válido para pensar la enseñanza. Autores como Astolfi (1984), Giordan (1989), Porlán y Cañal (1987), Gil y otros (1988), Driver y Oldham (1986), Osborne y Wittrock (1983), así como el Grupo Investigación en la Escuela (1991), son algunos de los que promovieron este enfoque (Porlán, 1999).

Se trata de un modelo de enseñanza que tiene ya 30 años de consideración, y sin embargo no es el modelo *que se ve* en las aulas de ciencia en la educación básica (Furman y de Podestá, 2009; Leymonié, 2009; Dibarboure, 2005 y 2006).

Los autores que han escrito sobre el modelo⁸ lo han hecho con matices importantes, al igual que las formas en que los docentes lo han implementado en las aulas. Las ideas que se presentaron en el cuadro anterior, así como los párrafos que siguen, constituyen la versión personal del modelo. A nuestro entender, la clave de este modelo de enseñanza es la pregunta: *la pregunta investigable*, que es la que desencadena el proceso de indagatoria. El aula se constituye en un espacio de intercambio de ideas, impresiones, experiencias en su entorno. Distintas formas de ver, pensar y hablar se explicitan a través de la pregunta. La situación de enseñanza que la contiene se constituye en el escenario de indagación.

Respecto a la *pregunta*, haremos algunas puntualizaciones.

NO CUALQUIER PREGUNTA ES INVESTIGABLE

Aunque parece obvio, la pregunta investigable no es una pregunta común, o con características similares a las que se suelen realizar en la vida cotidiana. Es una pregunta que va más allá de un *qué*, que se resuelve con una búsqueda de información directa. Es una pregunta que apela más a un *por qué* o a un *cómo*. Se trata de preguntas que encierran en sí mismas un problema. El tema de las preguntas en el aula de ciencias se constituye en un tema de investigación didáctica, especialmente cuando se vinculan con la naturaleza de la ciencia (Furman y de Podestá, 2009). Las preguntas que se plantean en el cuadro que sigue son importantes dentro de la ciencia escolar, ya que todas ellas suponen un *hacer cognitivo* (Dibarboure, 2009).

Describir	¿En qué consiste el hecho o fenómeno?
Comparar	¿En qué radica la diferencia? ¿Es posible encontrar semejanzas?
Hipotetizar	¿Qué pensamos que va a ocurrir y por qué?
Deducir	Si... entonces... ¿qué pasaría?
Relacionar	¿Con qué se relaciona? ¿Tiene que ver con algo que ya hemos visto?
Explicar	¿Por qué crees que ocurre eso? ¿Cómo nos explicamos que sea así?

⁷ Es necesario aclarar que la designación *investigación escolar* está explicitada en este mismo capítulo, en el apartado ciencia escolar. La palabra *investigación* debe ser leída en el marco de una ciencia escolar que, como es sabido, tiene características distintas a la del escenario original pero manteniendo referencia con él. El modelo puede ser leído en la bibliografía como modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación o por indagación. Esta forma de designar, soslaya el problema del término.

⁸ En la bibliografía suele aparecer también –con matices– como enseñanza por investigación o enseñanza basada en problemas.

La pregunta investigable es diferente, encierra conflicto, da lugar a interpretar o explicar científicamente. En la formulación de la pregunta aparecen variables que dan lugar a que se pueda indagar. Por ejemplo: según nos dicen los astrónomos, la mayoría de las estrellas que vemos ya no están. Si las estrellas que veo ya no están, entonces, ¿porqué me parece que las sigo viendo? ¿Cómo es que el agua no siempre se solidifica a la misma temperatura? ¿Por qué si las especies se transforman unas a partir de otras, no tenemos registros de especies intermedias? ¿Cómo es posible que los objetos de masas diferentes caigan al mismo tiempo cuando se los tira desde una altura? ¿Por qué los planetas no se caen unos sobre otros? ¿Por qué hay aves con alas que no vuelan, y otros animales que no teniendo alas vuelan o planean? ¿Cómo la ballena, si es mamífero y no pez, vive en el agua?

¿CÓMO APARECE LA PREGUNTA INVESTIGABLE?

En la situación de enseñanza puede aparecer de forma natural, como ocurre cuando surge de fenómenos naturales. Se trata de situaciones no provocadas artificialmente; es el caso de la pregunta sobre las ballenas, las estrellas o las aves. En ese caso nos remitimos a estar frente al fenómeno y formularnos un cuestionamiento sobre aquello que no responde a lo esperado. En otros casos, la pregunta surge de situaciones provocadas. Por ejemplo, la situación planteada anteriormente respecto del agua.

¿QUIÉN FORMULA LA PREGUNTA INVESTIGABLE?

La pueden formular los alumnos –situación deseable– o los docentes. El docente debe promover el escenario favorable para que la pregunta pueda ser formulada. Lo que limita la formulación de la pregunta es el conocimiento sobre la situación misma que la pregunta encierra. Cualquiera de los ejemplos vistos muestra que la pregunta se entiende como pregunta en tanto exista un conocimiento anterior para su comprensión.

¿EN QUÉ MOMENTO SE PLANTEA LA PREGUNTA INVESTIGABLE?

Este punto tiene relación con el anterior. Se puede dar al comienzo de la situación de enseñanza o puede aparecer en su transcurso; se presenta cuando la información disponible ya es suficiente para comprender el sentido de la pregunta.

¿CÓMO SE RESUELVE EL CONFLICTO QUE ENCIERRA LA PREGUNTA INVESTIGABLE?

La pregunta se resuelve de maneras diversas, dependiendo de su naturaleza. Siempre supone que los alumnos deban hacer algo: observar, experimentar, procesar información. Pero además, en el proceso de construcción de la *idea-respuesta* será necesario hacer uso de habilidades (analizar, inferir, explicar, deducir, aplicar, etc.). La resolución de la pregunta promueve el trabajo colectivo y el intercambio de ideas.

Desde la perspectiva psicológica, se busca que la pregunta convoque a las representaciones implícitas, a lo que ya sabemos y no sabemos que tenemos. La pregunta debería permitir explicitar esas ideas. La pregunta en el modelo de enseñanza por indagación configura el motor desequilibrante, focaliza sobre lo discrepante, aquello que no está acorde con lo que pensamos o percibimos. En correspondencia con el proceder de la ciencia, la pregunta investigable es, en el escenario escolar, el problema para el científico. No se trata de la misma pregunta en cuanto a su contenido, pero sí en cuanto a su significado y naturaleza.

► Estableciendo puentes

El material que presentamos en este capítulo pretende establecer *un puente* entre las ideas explicitadas en el primer capítulo, que refieren a la naturaleza de la ciencia en términos *metateóricos*, y el resto de los capítulos donde se narran y analizan diferentes aspectos de la experiencia de investigación referida a la imagen del científico que tienen niños uruguayos.

Es nuestro deseo que *ese puente* sea sólido, amplio, y que permita un tránsito fluido en relación a la lectura.

Los docentes siguen siendo, a nuestro entender, los actores clave de las mejoras educativas, y este material está destinado y dedicado a ellos. Nos alegramos por los aportes de la investigación realizada y esperamos que sea solo el comienzo de otras investigaciones que den luz a nuestro quehacer.

La enseñanza de las ciencias no está fracasando porque no se trabaje ciencias en las escuelas. Creemos que el problema está en lo que se prioriza cuando se proponen situaciones de enseñanza en el área.

Esperamos que las reflexiones que se presentan en este capítulo, así como en el resto del material, permitan debatir sobre lo que hacemos y por qué lo hacemos, permitan dialogar y acordar sobre el rumbo a tomar, no olvidando que nuestro desafío es la formación de nuestros niños. ■

Una mirada al espejo retrovisor

Antecedentes de nuestra investigación

Miriam Márquez

«Cuando el viajero miró hacia atrás y vio que el camino estaba intacto, se dio cuenta de que sus huellas no lo seguían, sino que lo precedían.»

A. Jodorowsky (2001:105)

La investigación que se presenta es parte de un camino que antes anduvieron otros. En este capítulo pretendemos mostrar algo de la cuantiosa investigación y bibliografía sobre la imagen estereotipada de científico que tiene la mayoría de la población, y los análisis que se han realizado vinculando esa imagen y la enseñanza de las ciencias. Es un recorrido, sin pretensión de exhaustividad, que apunta a una mayor comprensión de los capítulos siguientes.

La imagen de científico siempre ha estado presente en la llamada “comprensión pública” de la ciencia, es decir, en las visiones y opiniones del público general acerca de la actividad científica y de quienes la llevan adelante. *«...el concepto de percepción pública remite al proceso y mecanismos de comunicación social y al impacto de éstos sobre la formación de contenidos, actitudes y expectativas de los miembros de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología»* (Albornoz y otros, 2003:12).

En la Edad Media encontramos que la imagen del científico está fuertemente vinculada a la alquimia, en una búsqueda permanente de riqueza, longevidad y poder; también se relaciona con la magia y lo oculto, debido a que Iglesia condenaba a quienes pretendían explicar el mundo a partir de la experiencia y la razón, sin vincular esta comprensión al acercamiento a Dios y al entendimiento de la esencia humana. El científico aparece representado como alguien diabólico, excéntrico, rebelde, que va más allá de lo permitido. Hay una desconfianza acerca de lo que ofrece una ciencia discutida, controvertida, impugnada, que arrogantemente pretende sustituir al creador y desconocer lo que está establecido por la fe¹.

La literatura de ficción del siglo XIX y luego el cine retoman estos aspectos medievales, mientras la ciencia moderna, en cambio, va marcando un modo de ser, de hacer y de conocer que se distancia del secretismo y el afán de poder propios de la alquimia.

«La literatura de ficción del siglo XIX se ha encargado de retomar las particularidades de estos protocientíficos. El Fausto de Goethe y el Frankenstein de Mary Shelley son ejemplos de cómo se conjugan las fuerzas naturales y las fuerzas místicas en pos de una obsesión: ser como dioses, jugar a la inmortalidad, a la creación de vida. Resulta especialmente sugerente la explicación que propone Joachim Schummer (2006) acerca de por qué (o para qué) se muestra en la literatura del siglo XIX esta imagen. Según este autor, se crea como una respuesta literaria a la emergencia de la nueva química, que se erige como el prototipo de las ciencias experimentales vistas como una seria amenaza a la unicidad del conocimiento y relacionadas con el ateísmo, el materialismo, el nihilismo y con su pretendida arrogancia. Para resaltar los aspectos negativos y atacar las ideas iluministas de la ciencia, estos escritores y escritoras se basan en la figura del alquimista medieval.» (Pujalte y otros, 2012)

¹ En el siglo XII, siglo del surgimiento de las universidades y de gran avance intelectual, se concibe al hombre como un ser racional y a la naturaleza como «una potencia fecundante, perpetuamente creadora, de recursos inagotables, mater generationis (...) una urdimbre de leyes, cuya existencia hace posible y necesaria una ciencia racional del universo» (Le Goff, 1996).

La imagen de científico que emerge

Es importante señalar que, ya en 1957, las antropólogas Mead y Métraux comenzaron a realizar trabajos que permitieron indagar cuál era la concepción de científico que tenían los estudiantes estadounidenses de secundaria. En su investigación propusieron a 35 000 estudiantes escribir un ensayo en el que explicaran qué pensaban de la ciencia y de los científicos.

Siguiendo a Pujalte y otros (2010), consideramos algunos de los aspectos que mostró esa investigación. La imagen de científico que predominaba era la de un hombre que usa túnica blanca y trabaja en un laboratorio, de mediana edad o mayor, con lentes, puede usar barba o ser calvo; está en su laboratorio –blanco y reluciente– rodeado de un equipamiento especial: muchos tubos, mecheros, matraces, botellas y raras máquinas con discos; mezcla sustancias en tubos de ensayo, mira embelesado a través de microscopios o explora los cielos a través de un telescopio, experimenta con plantas y animales; escribe cuidadosamente en una libreta negra. Un día se puede levantar y gritar: ¡Lo encontré! ¡Lo encontré! Es una persona muy inteligente y, gracias a su trabajo, la gente puede tener nuevos y mejores productos. Pero, a la vez, su trabajo puede ser peligroso y guardar importantes secretos. Encerrado en su mundo y concentrado en sus investigaciones, permanece alejado de su familia y de la vida e intereses de la sociedad.

Investigaciones posteriores a las de Mead y Métraux procuraron indagar utilizando otros recursos semióticos. Beardslee y O'Dowd (1961) desarrollaron un cuestionario que incluía una escala de diferencial semántico de siete puntos, con ideas y palabras recogidas en entrevistas con cerca de 1200 estudiantes universitarios, que proporcionan información similar a la obtenida por Mead y Métraux (1957). Los investigadores compararon las imágenes de hombres y mujeres, asistentes a la escuela pública y a la privada, estudiantes de primer año en comparación con los adultos mayores, estudiantes de diferentes niveles socioeconómicos y estudiantes de diferentes tipos de comunidades. No se encontraron diferencias significativas entre las representaciones de los sujetos en cualquiera de estos grupos.

Durante las décadas de los sesenta, los setenta y los ochenta se realizaron numerosas investigaciones que complementaron el dibujo con otros instrumentos y ampliaron el espectro de edades y de culturas. En Estados Unidos y Canadá, Parsons (1997); en Irlanda, Maoldomhnaigh y Hunt (1988); en Finlandia, Rätty y Snellman (1997); en Inglaterra, Brosnan (1999); en Corea, Song y Kim (1999); en Taiwán, She (1998); todos obtuvieron iguales resultados.

Se comprobó que las imágenes estereotipadas descriptas por Mead y Métraux se mantenían estables, y que no había diferencias según las culturas.

El test “dibuja un científico” (DAST, “*draw a scientist test*”) fue utilizado por D. W. Chambers; la investigación se realizó durante doce años (1966-1977), y el DAST fue administrado a 4807 niños de 186 clases, desde jardinería a 5º grado (aproximadamente de 5 a 11 años de edad); la mayoría estaba en 2º y 3º grado.

El objetivo del estudio fue determinar la edad más temprana en que los niños desarrollan la imagen de científico. En la aplicación, el maestro de clase, sin ninguna discusión previa, pedía a sus alumnos: “dibuja la imagen de un científico”; los niños debían hacerlo en forma individual. Como control, a 912 alumnos (18,9%) se les pidió que dibujasen una persona y luego, que dibujasen un científico.

Chambers (1983) identificó siete atributos o elementos que aparecen en los dibujos de científicos –y que concuerdan con las investigaciones anteriores–: batas de laboratorio, lentes, pelo facial (barbas, bigotes, patillas), símbolos de la investigación (instrumentos científicos y equipo de laboratorio), símbolos del conocimiento (libros, archivadores), aspectos tecnológicos, y fórmulas o expresiones como el “eureka”.

Para el propósito de la investigación, los elementos de la imagen estándar fueron establecidos de antemano, y solamente los de esa lista fueron considerados como indicadores de la aparición total o parcial del estereotipo. Se comprobó que los dibujos de los niños menores de



segundo grado incluyen un número muy bajo de los indicadores. En segundo grado, el promedio de los indicadores incluidos en los dibujos aumenta a dos o tres; la cantidad de indicadores alcanzó un máximo en el más alto grado de estudio, el quinto grado. Dos grandes conclusiones pueden sacarse de este estudio: en primer lugar, se comprobó que la imagen estereotipada que Mead y Métraux analizaron en estudiantes secundarios, también se encuentra entre los escolares primarios. En segundo lugar, se demostró que varios elementos del estereotipo aparecen con mayor frecuencia a medida que los niños avanzan en su escolaridad.

Frente a otras pruebas, el DAST tiene la ventaja de que, al no basarse en respuestas verbales, puede ser utilizado con niños más pequeños. Este factor también permite comparar grupos de diferentes lenguas, sin problemas significativos. La dificultad se presenta en el momento de interpretar los dibujos; por ello, otras investigaciones complementan la prueba con entrevistas (Barman, 1996), descripciones de los dibujos (Odell y otros, 1993), o preguntas (Türkmen, 2008).

Fort y Varney (1989) reunieron 1654 dibujos de científicos a través de un concurso nacional para estudiantes. Uno de los aspectos destacados en ese estudio fue la escasa presencia de mujeres en la tarea científica; esta presencia correspondía solo a un 8%. Otros estudios continuaron investigando sobre este predominio del género masculino en las imágenes de científicos (Newton y Newton, 1992; Matthews, 1994; Maoldomhnaigh y Mhaolain, 1990; Brosnan, 1999). Estos autores fueron variando algún aspecto de la consigna, pero comprobaron que la imagen estereotipada de científico se mantenía con similares características.

Symington y Spurling (1990) señalaron que los estudiantes parecían estar dibujando lo que percibían como el estereotipo público de un científico, y no necesariamente su propia percepción de un científico. Para solucionar este problema probaron cambiar la consigna inicial por “hacer un dibujo de lo que sabes acerca de los científicos y su trabajo”. Compararon dibujos realizados por niños que recibieron los dos tipos de instrucciones. Como los dibujos muestran diferencias suficientes, estos investigadores concluyeron su informe con una recomendación de que se debe realizar un análisis crítico de lo que realmente se está pidiendo a los estudiantes que dibujen; es decir, analizar también cómo la consigna puede influir en el resultado del dibujo.

Barman (1996), además del dibujo de científico, en su investigación utiliza entrevistas a los estudiantes. Procurando que los estudiantes de primaria no solo fueran de diferentes grados, sino de todo el país, Barman involucró a maestros de Estados Unidos para administrar el DAST-C (*Draw-A-Scientist Test Checklist*); en lugar de los siete indicadores de Chambers, estableció catorce para identificar el estereotipo, y obtuvo 1504 dibujos. Además, envió un cuestionario a los maestros para que entrevistaran a los niños que habían realizado el dibujo. Se buscaba conocer la percepción de ciencia en la escuela y su uso fuera de la escuela. En su estudio, Barman concluyó que los estudiantes de primaria pueden generalizar y usar los conocimientos científicos en situaciones cotidianas, y que pueden tener imágenes diferentes de científicos según las situaciones.

Cómo se vinculan la imagen de científico y la enseñanza de las ciencias

Hasta aquí hemos considerado, por un lado, las investigaciones que realizan un diagnóstico para conocer lo que piensan diferentes grupos —estudiantes, docentes y población en general— acerca de los científicos. La imagen de ciencia a través del dibujo de científico ha sido estudiada en variados contextos de enseñanza, con niños y niñas de distintas edades (Driver y otros, 1996; Escalas, 2009), con estudiantes de profesorado, con profesores (Lederman, 1999; Guisasola y Morentin, 2007), con estudiantes universitarios (Rosenthal, 1993). Las investigaciones muestran que los resultados suelen ser muy similares con independencia de la edad, el género, el nivel educativo, el sociocultural, el país de procedencia y otras variables de contexto.

Estos abordajes han mostrado que la imagen de ciencia que tienen los estudiantes depende, en gran medida, de la que poseen sus profesores y, a su vez, que la imagen que estos últimos poseen es, generalmente, distorsionada, ingenua e inadecuada (Fernández y otros, 2002; Guisasola y Morentin, 2007). A partir de los datos obtenidos se vincula la imagen de científico con la concepción de ciencia; los resultados posibilitan ver que en la enseñanza de las ciencias se priorizan los contenidos conceptuales y la lógica interna, dejando de lado aquellos aspectos que constituyen la naturaleza de la ciencia: la formación sobre la ciencia misma, qué es la ciencia, cómo construye su conocimiento, cómo funciona internamente, cómo se relaciona con la sociedad (Adúriz-Bravo, 2005b; Acevedo, 2008). Tanto la ciencia escolar como la mayoría de la población tienen una concepción de ciencia tradicional: neutral, objetiva, no problemática, que descubre por experimentación, que llega a un conocimiento verdadero. Por tanto, el análisis de la percepción de ciencia a través del dibujo del científico tiene implicancias tanto en la enseñanza de la ciencia como en la formación del profesorado de ciencias de primaria y secundaria (Finson, 2002).

Existen, además, otras investigaciones que se proponen —considerando como punto de partida el diagnóstico— pensar y diseñar intervenciones didácticas que permitan modificar esa concepción inicial acerca de la ciencia. Se impone la necesidad de introducir una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia, una ciencia que supone que hay criterios de validez evolutivos, consensuados, que admite que las ciencias naturales no tienen la verdad sobre el mundo real, sino modos potentes y rigurosos de pensar el mundo.

M. T. Escalas coordinó, en la primera década del s. XXI, un grupo que trabajó con 250 dibujos de alumnos catalanes de entre 6 y 18 años. Durante un “festival de la ciencia” se organizó un concurso en el que se propuso a los alumnos la consigna “dibuja un científico”, sin especificar nada más que pudiera contaminar los resultados. En el libro *El Científic dibuixat* (Escalas, 2009) se hace un análisis de los dibujos; la mayoría se ajusta al estereotipo y a medida que aumenta la edad, los dibujos son más estereotipados, aunque también se hacen más originales e inesperados. En ese trabajo se reflexiona sobre la necesidad de mejorar la imagen del científico, aproximarla más a la realidad de la ciencia y minimizar los estereotipos negativos que aparecen en los dibujos. Escalas plantea, como retos pendientes, pensar en una enseñanza más interdisciplinaria que se ubique en el paradigma de la complejidad, y crear canales de comunicación que fomenten de una manera más atractiva y democrática el conocimiento científico.

Los antecedentes más cercanos a nuestra investigación son los trabajos del Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (GEHyD) de la Universidad de Buenos Aires. Adúriz-Bravo (2008a) propone que «una vez hecho el diagnóstico, se habría de pasar a la ‘segunda fase’ del trabajo: atacar las concepciones detectadas y promover en nuestras clases la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia desde marcos más adecuados». Para ello, luego de aplicar la consigna DAST-C o alguna otra similar, y hacer el análisis de los dibujos, se pueden diseñar intervenciones que tiendan a modificar el estereotipo y presentar una imagen de ciencia más próxima a lo que sabemos hoy desde la reflexión sobre

la ciencia. Esta intervención educativa acotada se evalúa con lo que se llama “estrategia pre/post-test”. Han planteado variadas intervenciones didácticas trabajando con la ciencia en los cuentos, en el cine, en la literatura. Se proponen enseñar «una ciencia más humana», que considere la inclusión de la mujer, la historia de la ciencia y su vínculo con otras ciencias y otras expresiones (la economía, la tecnología, la política, la religión, el arte, los medios), que recupere los aspectos más humanos de la ciencia («trabajamos con el humor, la ironía, la sorpresa, la rivalidad, el fraude, las relaciones entre personas; recobramos el carácter profundamente creativo e inventivo de la investigación pero, al mismo tiempo, retratamos la actividad científica como un trabajo remunerado e institucional»); que proponga la valoración de los científicos nacionales y trate de abarcar diversidad de género, edad, etnia, formación; y, fundamentalmente, que considere la importancia de la narración para hablar de ciencia y sobre ciencia (Adúriz-Bravo, 2005b).

En Uruguay, S. Loureiro y M. Míguez, desde el año 2000, han realizado investigaciones para aproximarse a las concepciones de ciencia y de científico de estudiantes y de docentes. Su universo de estudio ha estado conformado por docentes (maestros de Enseñanza Primaria y profesores de Enseñanza Media, de Formación Docente y de las cinco áreas de la Universidad de la República), y estudiantes (de Enseñanza Secundaria, de Formación Docente y del Área Científico Tecnológica de la Universidad de la República). Pretenden comprender cómo estudiantes y docentes de ciencias construyen los conocimientos científicos, reflexionando sobre las visiones acerca de la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que la misma enseñanza está transmitiendo. Utilizando una metodología cuali-cuantitativa recogieron datos sobre la imagen de científico, su objeto de estudio y metodología de trabajo. Los resultados muestran que la imagen de científico es la misma en docentes que en estudiantes, sus características son iguales a las de otras investigaciones ya analizadas, es decir que corresponden al estereotipo. Respecto a las características de la ciencia, un 29% de los estudiantes sostiene que la ciencia es una actividad neutral y objetiva, y también un 29% declara que la evidencia experimental es la base del conocimiento científico. Dentro de los docentes, un 50% adhiere a una concepción de ciencia no objetiva y considera que el conocimiento científico está en permanente construcción. Sin embargo, en las conclusiones, Loureiro y Míguez manifiestan que las observaciones de clase no son coherentes con esta visión, ya que la ciencia se muestra más como información a ser recibida que como ideas para ser discutidas.

Hacia dónde vamos

Lo que se comprueba es que cuando a los estudiantes se les propone dibujar una persona dedicada a la ciencia, aparecen percepciones muy arraigadas en el imaginario de la sociedad (Sanmartí y Tarín, 1999). Por eso, la incorporación de estos estereotipos puede entenderse mejor si la pensamos como algo que va más allá de los espacios concretos donde se construye el saber; todo el proceso se concentra en el *imaginario social*, lugar de circulación y debate de las ideas, creencias y sentimientos que acumula una sociedad, lugar donde un movimiento permanente va produciendo cambios y nuevas síntesis. En palabras de Castoriadis, se trata de una «creación incesante (...) de figuras, formas e imágenes», dentro de una «red simbólica socialmente definida»² (Castoriadis, 1975).

Algunos elementos que en ese imaginario refuerzan las imágenes distorsivas de ciencia y de científico son: los cómics (Gallego Torres, 2007), los dibujos animados (Vilchez-González y Palacios, 2006), la literatura (Haynes, 2003), el cine (Weingart y otras, 2003; José y Moreno, 2003; Guerra Retamosa, 2004), la televisión (Long y Steinke, 1996) y la publicidad (Campanario y otros, 2001; Medina Cambrón y otras, 2007), citados por Pujalte y otros (2010).

² Traducción libre de la autora.

Finson (2002) hace un recorrido por las diferentes investigaciones que, en los últimos 50 años, han mostrado cuál es la percepción que los estudiantes tienen sobre la ciencia y los científicos, y propone pensar qué no sabemos después de cincuenta años de dibujos. Plantea una serie de preguntas cuyas respuestas permitirían mejorar nuestra comprensión de las imágenes de ciencia y de científico, y nuestra capacidad de incidir positivamente sobre ellas: ¿a qué edad, o nivel de grado, es que las imágenes estereotipadas se empiezan a formar?; ¿qué tan rápido se forman estas imágenes, y cómo se refuerzan?; ¿cuáles son los factores específicos que influyen en estas percepciones, y de dónde vienen?; ¿cómo son de persistentes y duraderos los cambios de percepción que se producen como consecuencia de diversas estrategias de intervención específicas (uso de ejemplos paradigmáticos, modelos de rol, etcétera)? No hay estudios a largo plazo de los efectos de estas intervenciones, por lo que la respuesta es desconocida.

Otras preguntas posibles serían: ¿qué vínculo existe entre las percepciones estereotipadas de los científicos, y el desarrollo cognitivo y los logros adquiridos con respecto a las habilidades de ciencia y de contenido?; los cambios en las actitudes hacia la ciencia, ¿conducen a cambios posteriores en la percepción tal como se revela en los dibujos; si es así, ¿cómo son los efectos?; ¿qué impacto tiene la tendencia de un profesor, si es predominantemente expositivo o constructivista, en los dibujos de los alumnos que incluyen elementos estereotipados de científicos?

Como hemos analizado, varios autores vienen desarrollando la idea de que existe una correlación entre las concepciones que sustentan los docentes sobre la naturaleza de la ciencia, y sus visiones acerca de cómo se enseña y cómo se aprende (Tsai, 2002; Lotter y otros, 2007; Gallego y Gallego, 2007). Por lo tanto, una pregunta clave es: ¿cómo desandar el camino y generar intervenciones didácticas que promuevan una imagen de ciencia más real y más humana?

Finalmente

Como se ha señalado en este recorrido, es posible reconocer aspectos de la imagen del científico medieval, que continúan estando presentes en el estereotipo que muestran los dibujos. A modo de ejemplo podríamos aventurar que los “pelos locos” referirían a un personaje que rompe esquemas, prejuicios, que busca más allá de lo establecido socialmente y que, consecuente con esto, no pierde tiempo en cuidar su imagen. La soledad, el laboratorio, y las fórmulas y signos del conocimiento, están vinculados a lo oculto y al silencio que requiere meterse en las profundidades de asuntos filosóficos o herméticos. Lo mágico aparece en las expresiones “lo encontré”, “eureka”. Los lentes son elementos que en la historia de la ciencia han posibilitado ver más allá, sondeando la inmensidad del espacio o penetrando en las honduras de cada ser. La túnica es lo que, más allá de proteger, da estatus al científico y lo distingue de los demás. Como propone Chambers (1983), la moderna, estandarizada y saneada imagen nunca ha reemplazado del todo a la vieja y mítica imagen de “el hombre del conocimiento”, más bien ha logrado superponerse a ella, mientras la ciencia contemporánea se va presentando en los medios de comunicación masivos como la vanguardia del pensamiento occidental.

Es compromiso de quienes escriben los capítulos siguientes mostrar la posibilidad y la responsabilidad de pensar, desde la escuela, en una enseñanza científica que cuestione los estereotipos y que sea más crítica, que deje al descubierto los conflictos de una ciencia profundamente humana y llena de incertidumbres y, a la vez, se muestre atractiva y pasible de ser aprendida y disfrutada por todos. ■

Dime qué pides a los alumnos y te diré qué obtendrás

La importancia de la consigna

Ana Leticia Baccino

«Una palabra es un microcosmos de conciencia humana.»

L. S. Vygotsky (1987)

Dado que nuestro objetivo es elucidar las imágenes de ciencia y de científico de los escolares uruguayos, antes de iniciar la investigación resulta indispensable considerar con cuidado qué pediremos a los niños y niñas, es decir, qué consignas escolares les daremos.

La revisión histórica que presentamos en el capítulo anterior muestra una amplia gama de problemas investigados, de instrumentos para recabar información y de resultados obtenidos. En esa revisión aparecen diversas “consignas escolares” que corresponden a investigaciones hechas in situ por los maestros y profesores en sus aulas.

En el proceso de ir precisando nuestro abordaje, nos centramos en profundizar la relación entre el problema y lo metodológico, así como en analizar los argumentos que subyacen a las modificaciones dentro del mismo campo de problemas.

Identificar para seleccionar

En la bibliografía reseñada podemos leer investigaciones que, entre otros aspectos, se proponen conocer:

- ▶ a qué edad se conforma el estereotipo de científico;
- ▶ la imagen de científico que predomina en una determinada población, al respecto hay investigaciones por tramos etarios, por género, por etnia, por nivel socioeconómico, por culturas, etc., tanto en estudiantes como en docentes, y aun entre los propios científicos;
- ▶ la actitud hacia la ciencia preferentemente en adolescentes, momento en que parece consolidarse;
- ▶ los agentes causantes del estereotipo;
- ▶ cómo circulan las ideas científicas en la sociedad.

Si dejamos de lado la investigación de Chambers (1983), que busca identificar la edad en la que el estereotipo está conformado y para ello crea un instrumento que luego es validado universalmente, dos parecen ser las razones últimas que surgen con mayor frecuencia para motivar esta variedad de investigaciones. Las dos se manifiestan juntas, interdependientes, pero con distinto predominio. Por un lado, la necesidad de mejorar la educación científica; y por otro, al disminuir o disipar la actitud negativa hacia la ciencia, aumentar el número de estudiantes que elijan carreras científicas. Unificando ambas, la necesidad de los Estados, hoy cada vez más imperiosa, de contar con un cuerpo importante de científicos, de investigación científica y tecnológica.

En algunas investigaciones predomina lo educativo: la necesidad de fundamentar la modificación de los currículos de modo de lograr una enseñanza coherente con la concepción actual de ciencia y de científico; la formación de docentes que posibiliten ese proceso y no lo obstruyan; la puesta a prueba de intervenciones docentes que concreten el cambio.

En otras, si bien la base es la educación, lo que mueve la investigación es identificar las razones por las cuales tan pocos estudiantes eligen carreras científicas; se centran más en las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y cómo se proyectan en la situación hipotética de ser científico, o de vivir con uno o con una. En estos casos parece predominar el interés de desarrollar políticas científicas.

Por último, en un plano más sociológico, encontramos investigaciones cuyas preguntas se focalizan en las posibles causas que ocasionan la formación del estereotipo, más allá de las diferencias de género, edad, cultura, contexto, y las razones por las cuales ese estereotipo se ha mantenido casi sin cambios durante décadas. Así, encontramos investigaciones que analizan los contenidos científicos que se divulgan por los distintos medios de comunicación, relacionándolos con ciertos atributos de la imagen de científico que se mantienen o que van desapareciendo; o las que, al investigar la actitud de la sociedad hacia la ciencia o cómo circulan las ideas científicas dentro de ella, buscan una divulgación científica más efectiva. En este caso consideran que la cultura científica es un proceso dinámico, colectivo, social, y no solamente un atributo del individuo; por eso investigan los componentes simbólicos del imaginario público, que pueden ser catalizadores importantes en la construcción del conocimiento científico y de la representación social sobre la ciencia y la tecnología.

Seleccionar para conocer

Buscábamos conocer las imágenes de ciencia y científico que tenían los escolares uruguayos. La población bajo estudio serían escolares de Nivel 5 años, Segundo y Quinto grado. Para estas poblaciones, ¿cuál sería el mejor instrumento a utilizar? Ese instrumento, ¿necesitaría de adaptaciones ajustadas al contexto y edad de los escolares?

Toda la bibliografía revisada nos indicaba que el instrumento más adecuado parecía ser el dibujo del científico. En este tipo de tarea, los niños y niñas transmiten sus ideas; los dibujos funcionan a modo de ventanas que permiten profundizar en sus concepciones, en su cultura. Además, los niños, principalmente los más pequeños, sienten el dibujo como un medio de expresión altamente satisfactorio. Los dibujos resultan así ser instrumentos poderosos, más adecuados en algunos aspectos que los textos orales o escritos, ya que al hablar o escribir los niños pueden repetir lo que han aprendido en lugar de presentar sus propias ideas.

Por eso decidimos profundizar en el estudio de aquellas investigaciones que aplicaban el clásico DAST (Chambers, 1983), y cuyas poblaciones de estudio incluían escolares.

Los siete indicadores elaborados por Chambers a partir del trabajo de Mead y Métraux (1957) constituyeron para nosotros un punto de partida importante, pero resultaban insuficientes. Por esto decidimos tomar la propuesta de Finson y otros (1995), quienes amplían la lista, agregando: hombre, blanco, de mediana edad o mayor, estereotipo mítico (Frankenstein), indicadores de secreto (Privado, No entre, etc.), científicos dentro de piezas, e indicadores de peligro, totalizando catorce características a relevar. Queda así elaborado lo que se conoce como DAST-C (*Draw-A-Scientist Test Checklist*).

Tuvimos en cuenta también que en varias de esas investigaciones se señala que resulta difícil garantizar la objetividad en el análisis y la valoración de los dibujos; por esto decidimos complementar la tarea clásica con instrumentación periférica que aportaría más información para sustentar nuestras interpretaciones.

El dibujo y algo más

Nuevas investigaciones plantean que contar solamente con un dibujo puede ser un obstáculo; no siempre el investigador puede identificar elementos en lo dibujado, y mucho menos interpretarlos. Hay acuerdo en que no alcanza con usar la lista de indicadores del estereotipo, pero las soluciones para posibilitar la comprensión difieren.

Analicemos el resultado de una intervención tipo DAST donde los investigadores (Losh y otros, 2008) señalan dificultades en la interpretación del dibujo.



Drawing of scientist by first-grade boy. Note: Children this age often draw stick figures. The figure is bald but it is not totally clear whether it is wearing a dress or a lab coat (“probably male”).

[Traducción del pie de imagen: *Dibujo de un científico hecho por un niño de primer grado. Nota: Los niños de esta edad a menudo dibujan figuras humanas tipo “monigote”. La figura es calva, pero no está totalmente claro si está usando un vestido o una bata de laboratorio (“probablemente hombre”).*]

En la figura se muestra un ejemplo elocuente de la dificultad de interpretación de los “dibujos de científicos” clásicos. Para subsanar esta dificultad, algunas investigaciones solicitan al niño que, luego de dibujar, agregue palabras, breves expresiones o explicaciones para efectivizar la comunicación.

Las figuras siguientes muestran “dibujos de científico” complementados con textos de los propios dibujantes.



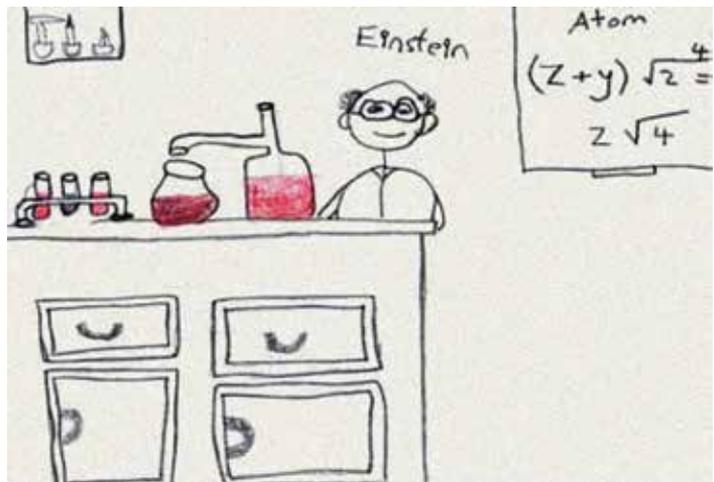
Farland-Smith (2009)

[Traducción del texto escrito por el autor del dibujo: *Hola, las mujeres científicas somos pocas. Tú ves, soy una científica. Estoy haciendo colores. A lo mejor tengo éxito.*]

En el caso de la investigación de Türkmen (2008), la consigna que pide el texto escrito es la siguiente:

¿Puedes dibujar un científico en esta hoja?

Cuando termines, ¿puedes por favor explicar qué está haciendo?



Türkmen (2008)

De la investigación de Rodari (2007) tomamos estos ejemplos:



"It's a chemist in white coat who does experiments. He has to know a lot of things, he has to be careful because his mistake could have a terrible consequences" [CZ]

[Traducción del texto del niño: "Es un químico con túnica blanca que hace experimentos. Tiene que saber muchas cosas, debe ser muy cuidadoso porque su error puede tener terribles consecuencias"]

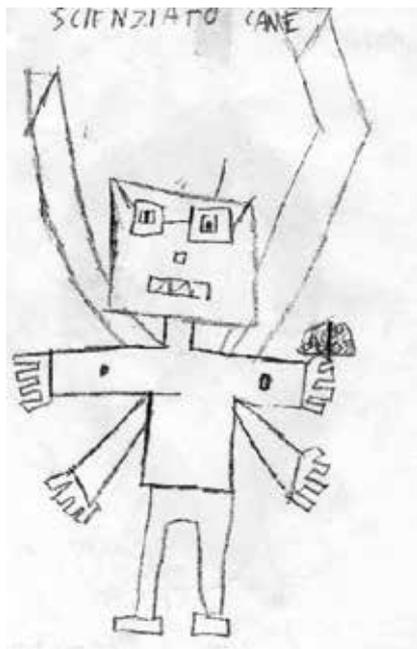


"It's a young, self-confident and promising genetic researcher (woman). She is actually working at new method how to treat diseases" [CZ]

[Traducción del texto de la niña: "Es una prometedora investigadora en genética, joven y segura de sí misma (mujer). Está de hecho trabajando en un nuevo método para tratar enfermedades"]

Otras investigaciones plantean un trabajo en grupos de discusión y una actividad en contexto narrativo (por ejemplo, Manzoli y otros, 2006). En ellas siempre se comienza pidiendo a los niños que dibujen un científico y lo presenten al resto de los compañeros.

En el trabajo de Manzoli y sus colegas, los niños y niñas deben luego elaborar un cuento con tres personajes: un personaje fantástico –Dunno– que no se sabe qué es, lo que daría al cuento una atmósfera semionírica, un niño de 8 años y un científico. Los niños inventan la historia y la dibujan. Esta metodología permite discutir en contexto, argumentar, comparar puntos de vista. Finalmente, los niños discuten juntos sobre ciencia y los científicos, al tener que resumir el sentido de la historia imaginando que le escriben una carta a otros niños como ellos.



"Scientist with many arms: enhanced power of manipulating reality"

[Traducción del pie de imagen: "Científico con muchos brazos: aumenta el poder de manipular la realidad"]



M1: "There was this scientist who lived in a big house and had a lot of bottles to make experiments and many animals in the cages"

Mod.: "Did he make tests with animals?"

M1: "Yes, he invented the potions"

Mod.: "And how did he?"

M1: "He took things and mixed them, he putted them in a small bowl and made dogs drink them... and after is they died... "

M2: "...He did not give a damn!"

M1: "...but he used old animals!" [...] "With these ingredients he could invent medicine to use and sell"

[Traducción del diálogo:

Niño 1: "Había un científico que vivía en una casa grande y tenía gran cantidad de botellas para hacer experimentos y muchos animales en jaulas"

Moderador: "¿Hacía pruebas con animales?"

N1: "Sí, inventaba pociones"

Mod.: "Y, ¿cómo lo hacía?"

N1: "Tomaba cosas y las mezclaba, las ponía en un pequeño pote y hacía que los perros las bebieran... y después, los perros se morían"

N2: "...¡A él le importaba un bledo!"

N1: "...¡pero usaba animales viejos!" [...] "Con esos ingredientes podía inventar medicinas para usar y vender"

En otro grupo de investigaciones se considera que la imagen de científico que tienen los niños es muy rica y compleja, e incluye aspectos que muchas veces no quedan en el dibujo, tales como su personalidad, lo que hace fuera de horario de trabajo, cómo es un típico día de trabajo, etc.; interesaría entonces saber si esa imagen proviene de científicos que conocen o no. Estas investigaciones suelen incorporar el análisis de la actitud del estudiante ante el aprendizaje de las ciencias y el uso que hace del conocimiento científico fuera de la escuela. Por eso, luego del clásico "dibuja un científico" y del diálogo para aclarar o identificar todos los elementos dibujados, aparecen entrevistas con distinto grado de estructuración.

Uno de tus amigos no sabe qué es un científico. ¿Cómo se lo explicas?
 ¿Cuáles deberían ser sus características?
 ¿Has visto o te has encontrado con un científico? ¿Dónde?
 ¿Piensas que cualquiera puede ser un científico? ¿Por qué?
 ¿Podrías ser o quieres ser científico? ¿Por qué?
 Escribe nombres de científicos, los que recuerdes primero.
 [...]

Fuente: Ünver (2010)

[...]
 ¿Puedes decir cómo es como persona el científico que dibujaste, cómo es su carácter?
 ¿A qué hora comienza a trabajar?
 ¿Qué hace durante todo el día?
 ¿Y luego de trabajar?
 ¿Tiene amigos? ¿Y familia?
 Tu científico, ¿te recuerda a alguien que conoces?, ¿a alguien que viste en la televisión?, ¿o sobre el que has leído?
 [...]

Fuente: Talsma (2007)

“Por favor, dibuja un científico haciendo ciencia” (Se le proporcionan colores para permitirle optar por etnias)
 Al terminar de dibujar, “¿puedes explicar tu dibujo?” (Se graba la respuesta)
 “¿Puedes dibujarte haciendo ciencia en la escuela?”
 Al terminar de dibujar, “¿puedes explicar tu dibujo?” (Se graba la respuesta)
 “¿Puedes pensar en qué usas lo que aprendes de ciencias en la escuela, fuera de ella?”
 (Se graba la respuesta)

Fuente: Barman (1996)

Un último grupo de investigaciones incorporan herramientas cuantitativas al análisis, como escalas semánticas diferenciales, escalas Likert, listas de valoración, etc.

	Total desacuerdo	En desacuerdo	Inseguro	Acuerdo	Total acuerdo
Los científicos usan diferentes métodos en sus investigaciones.					
Los científicos siguen paso a paso el método científico.					
Cuando usan el método correctamente, sus resultados son verdaderos y exactos.					
Con ejemplos explica si los científicos usan un único método universal o si usan diferentes métodos.					

Fuente: Liang y otros (2006)

	1 Ningún científico	2	3	4 Todos los científicos
Características				
Inteligente				
Lógico y sistemático				
Creativo				
Serio				
Diligente				
Tenaz				
Trabaja muchas horas				
Familia y vida social				
Pasa tiempo con amigos				
Participa en fiestas familiares				
Ocio y entretenimientos				
Juega ajedrez				
Hace deportes				

Fuente: Koren y Bar (2009)

La Ciencia es:	¡Sí!
Interesante, excitante	
Aburrida	
Crea problemas a la sociedad	
Ocasiona polución	
Se usa a diario	
Importante para la sociedad	
Destructiva, peligrosa	
Difícil de comprender	

Fuente: Mulemwa y otros (2000)

En síntesis, la mayoría de las investigaciones complementan, con herramientas de carácter cualitativo o cuantitativo, la información que brinda el dibujo; tales herramientas requieren habilidades orales o escritas, por lo que no todas resultan convenientes para ser usadas en una población infantil.

A modo de resumen de lo reseñado...

DIBUJA UN CIENTÍFICO	<i>El dibujo se complementa con...</i>	escritura descriptiva y/o complementaria por el niño	
		entrevista	abierta
semiestructurada			
cerrada			
Lectura sobre la base de indicadores y categorías de análisis		escalas de valoración	

La consigna bajo la lupa

En parte de la bibliografía encontramos críticas no al uso del dibujo en sí, sino a la propia concepción de la tarea DAST. Por ejemplo, se considera que:

- ▶ es una herramienta que analiza “defectos” en la imagen de ciencia de los niños, ya que se enfoca solamente en el estereotipo;
- ▶ resalta lo negativo y pierde la complejidad de la imagen en su totalidad;
- ▶ da una fotografía estática;
- ▶ no está claro si mide el estereotipo de los estudiantes o si los niños dibujan el estereotipo para que sea reconocido.

La consigna original *Dibuja un científico* fue modificada en distintas investigaciones. Sin embargo, Chambers continúa defendiéndola, considera que la consigna ha de ser simple para no generar confusión y para no dar señales a los niños de lo que se espera de ellos.

Distintos aspectos han sido revisados en las sucesivas versiones que se han ido proponiendo (por ejemplo, el DAST-R, “*revised prompt*”); algunos de estos aspectos son de fondo y otros de forma.

- ▶ Symington y Spurling (1990) sostienen que los estudiantes parecen estar dibujando lo que ellos consideran es el estereotipo público del científico y no sus propias representaciones. Su propuesta es:

Dibuja lo que tú sabes del científico y su trabajo.

- ▶ Rodari (2007) plantea que la palabra *científico* tiene una connotación de género por lo que propone:

Dibuja una persona que trabaja en ciencias.

Dibuja gente haciendo ciencias.

- ▶ Jane, Fler y Gipps (2007) introducen una variación en el número:
Dibuja un científico o un grupo de científicos.
- ▶ Scherz y Oren (2006) investigan a partir de la imagen del ambiente profesional: si es interior o exterior, los eventos representados en ese lugar, los instrumentos que aparecen, la atmósfera del lugar, etc. Así, proponen:
Dibuja el lugar de trabajo de un científico.
- ▶ Maoldomhnaigh y Hunt (1988) informan que cuando se pide a los niños que hagan dos dibujos de científicos, la frecuencia de aparición del científico mítico cambia. Hacen imágenes diferentes en momentos diferentes, aunque en el lapso no haya habido ninguna intervención que lo justifique. Ellos concluyen que los niños poseen más de una definición para la palabra “científico”.
- ▶ Por su parte, McComas y Farland-Smith (2006) consideran que cuando el estudiante, al hacer varios dibujos de científicos, los cambia, es razonable asumir que tiene una visión robusta del trabajo científico y de quién puede ser un científico; tiene varias ideas y las va representado. Por el contrario, si repite el mismo dibujo, hay una buena razón para creer que es su única imagen, en este caso, generalmente estereotipada. Estos autores incorporan la realización de tres dibujos consecutivos y nuevas categorías para valorarlos (DAST-Rubric), creando lo que llamaron E-DAST (*Enhanced –“mejorado”– Draw-A-Scientist Test*):
Imagina que mañana viajas a un lugar, el que quieras, a visitar un científico que está trabajando allí. Dibújalo trabajando. Escribe lo que el científico te dice de su trabajo, el que tú estás viendo.
- ▶ Adúriz-Bravo y otros (2006) tienen en cuenta dos aspectos al elaborar la consigna:
 - cambian ‘*scientist*’ (sin indicación de género) por «*persona que hace ciencia*» para no forzar en español la interpretación en masculino (en esto coinciden con Rodari, 2007);
 - añaden «*en un día de trabajo*» para que dibujen en contexto y se concentren en lo propio de la actividad científica (en forma similar a McComas y Farland-Smith).
 Así, su consigna queda:
Por favor, dibuja una persona que hace investigación científica tal como te la imaginas en un día de trabajo.

Aspectos modificados		
Sujeto	Actividad	Espacio – tiempo
científico	su trabajo	lugar de trabajo
persona	trabajo en ciencias	día de trabajo
grupo de científicos	haciendo ciencias	
gente	hace investigación científica	
<i>Se sustituye “lo que el científico ES” por lo que “el niño IMAGINA o PIENSA que es”.</i>		

Conocer para decidir

A partir de todas estas lecturas, el grupo toma tres decisiones para iniciar el trabajo:

- ▶ Utilizar el dibujo como herramienta básica en la recolección de datos.
- ▶ Elaborar categorías deseables para el análisis, en lugar de los indicadores del estereotipo.
- ▶ Aplicar la consigna de Adúriz-Bravo y otros (2006), ya que es la que mejor resuelve la relación entre la forma lingüística y el contenido temático como objeto de conocimiento. ■

Nota: La traducción de las transcripciones fue realizada por la maestra Sylvia Ithurralde y supervisada por el Dr. Agustín Adúriz-Bravo.

En pos de imágenes de científico

Indagación sobre la consigna más apropiada

Cinkia Hernández | Nélide Antúnez

«La resignificación del trabajo sobre la consigna... implica que podamos ponernos a pensar sobre lo que decimos... en lo que no se dice pero que está implícito... Pero también sobre lo que buscamos al modalizar con nuestro hacer-hacer.»

Fajre y Arancibia (2000:135)

Luego de la revisión bibliográfica decidimos tomar, como insumo fundamental para nuestra investigación, los dibujos que los niños hacen cuando se los interroga acerca de cómo conciben la labor de los científicos.

En este capítulo nos centraremos específicamente en esa primera actividad, la ya tradicional “dibuja un científico” (DAST). Se trata de una actividad que ha sido aplicada ampliamente y está bien validada; sin embargo, era posible que su enunciación más clásica fuese solo parcialmente adecuada para indagar acerca de las imágenes de ciencia que los alumnos de Nivel Inicial y Primaria traen a clase, “corporizadas” en las imágenes de científico dibujadas. Debíamos considerar los contextos o los niveles educativos en los que trabajaríamos.

Nuestro objetivo era valorar cuáles formulaciones resultaban más adecuadas para garantizar que:

- ▶ los destinatarios comprendiesen satisfactoriamente la consigna,
- ▶ pudiesen poner en juego sus propias concepciones,
- ▶ no se viesen “forzados” a determinadas interpretaciones.

Este planteo nos llevó a profundizar en dos aspectos. Por un lado, en la consigna; por otro, en las concepciones de científico y de ciencia implícitas en ella.

El valor de la consigna

Al analizar en profundidad la consigna a utilizar, de alguna manera buscábamos garantizar que los resultados obtenidos fueran un punto de partida confiable para el trabajo posterior en el aula, ya que haríamos una investigación con intervención.

Creímos importante construir cuidadosamente una consigna que provocara, en la población bajo estudio, los menores obstáculos posibles para su comprensión y ejecución. Pensábamos que el lenguaje utilizado jugaba un papel crucial en los resultados que obtendríamos, influyendo también en el análisis a realizar.

Partimos de la idea de que toda consigna orienta y organiza lo que los destinatarios realizarán. Por eso buscábamos el marco de referencia compartido, tratando de combinar claridad con cierto grado de apertura, de margen de acción, en el que los niños pudiesen insertar su representación.

Sabíamos que buscar esa consigna era entrar en un terreno pleno de incertidumbres, ya que implicaba no solo analizar qué quisimos significar con la misma, sino también considerar qué posibles significados le asignarían los niños.

Pensarla en función de su posible resolución, implicaba planificarla como una comunicación diferida, por eso era imprescindible potenciar una reflexión sobre lo que decimos y lo que queremos que hagan los otros.

«Para que la consigna opere como instrumento de la organización semántica de la conciencia (Vigotski, en Blanck, 1984), el espacio de planificación se conforma como el andamiaje del pensamiento, buscando operar en la zona de desarrollo próximo...»
(Riestra, 2002)

Estábamos ante una situación compleja, porque el objeto que estudiaríamos era a la vez sujeto de enunciación. Esa zona de indeterminación resultaba inevitable, por más que intencionalmente buscásemos la mayor precisión posible.

Las consignas, como segmentos textuales que vehiculizan operaciones mentales, debían proveernos de información que nos permitiese valorar la presencia o no del “estereotipo” de científico que socialmente circula en las poblaciones con las que íbamos a trabajar, y no “empujar” hacia comprensiones ritualizadas del mismo, alineadas con los resultados conocidos y esperados. Era esencial “dar pistas” a los niños para que tuvieran la oportunidad de presentar imágenes más robustecidas del científico y, por ende, de la concepción de ciencia.

«Esta mediación de la consigna reside en que es acción de lenguaje producida para provocar un determinado efecto en la mente del otro, a través de un proceso de elaboración.» (Riestra, 2004:59)

En la búsqueda de antecedentes teóricos

No encontramos aportes bibliográficos que abordasen la relación entre el análisis semántico de la consigna y la imagen representada en el dibujo.

Solamente accedimos a los sumarios de dos trabajos de Maoldomhnaigh y Hunt (1988) y Maoldomhnaigh y Mholain (1990), y a una referencia del de Symington y Spurling también de 1990; los tres presentan un análisis crítico de la consigna DAST.

Maoldomhnaigh y Hunt (1988), al aplicar consecutivamente la consigna DAST, obtienen diferencias en la frecuencia de aparición del estereotipo mítico; esto les permite concluir que los estudiantes pueden tener más de una concepción de la palabra “científico”. Posteriormente advierten sobre el riesgo de estandarizar las informaciones obtenidas, ya que redacciones diferentes pueden producir diferencias en los dibujos.

Por su parte, Symington y Spurling (1990) señalan que los estudiantes parecían estar dibujando lo que ellos percibían como estereotipo público de científico, y no necesariamente su propia percepción del científico. Para solucionar este problema, testearon los efectos de una consigna DAST revisada: “Haz un dibujo que diga lo que tú sabes de los científicos y su trabajo”. Al comparar los dibujos de los niños a los que se les dieron las dos consignas, se obtuvieron varias diferencias, por lo que los investigadores concluyeron su informe recomendando que la consigna DAST fuera analizada críticamente en cuanto a qué les estaba pidiendo a los niños que dibujaran.

Estos antecedentes sostenían parcialmente nuestro problema de las “palabras” desde el campo semántico. Era necesario analizar qué consignas específicas eran las más indicadas para indagar en las imágenes de científico y de ciencia de los niños, de acuerdo a su edad y por qué lo eran.

Los primeros intentos

Como punto de partida habíamos decidido utilizar una consigna de trabajo ya validada por otro grupo de investigación (Adúriz-Bravo y otros, 2006):

- **Por favor, dibuja una persona que hace investigación científica tal como te la imaginas en un día de trabajo.**

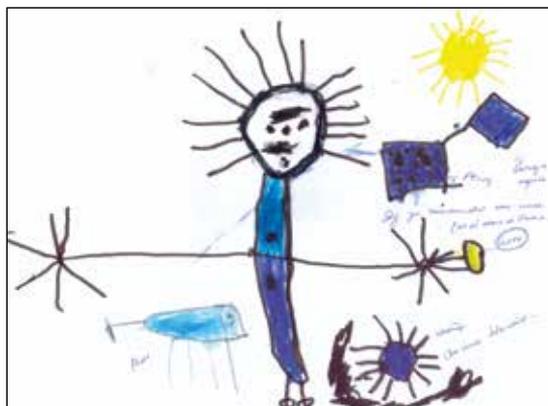
En el intercambio de ideas nos cuestionamos si el vocabulario empleado en la consigna no agregaba una dificultad al niño al momento de explicitar sus concepciones, y si esta dificultad podría presentarse solamente en el Nivel 5 años o si se reiteraría a lo largo del ciclo escolar.

Igualmente se decidió su aplicación para obtener una información de base que nos posibilitara la reflexión. Solamente se eliminó “por favor”, ya que su uso no es habitual en las consignas que los maestros dan a los alumnos.

Fue propuesta en siete grupos de prueba: tres de Nivel 5 años (Salto), uno de Tercer grado (Montevideo) y tres de Quinto grado (Florida y Paysandú) con un total de 144 alumnos. La consigna sería presentada por una de las integrantes del equipo de investigación, en forma oral, sin un abordaje previo sobre el tema, para evitar así activar conocimientos que condicionarán las producciones. La maestra del grupo sería un observador no participante, registraría las interacciones entre los alumnos, y de estos con el docente, así como las situaciones o aspectos que considerara relevantes.



Franco – Nivel 5 años
“Está investigando cómo el niño juega a la pelota. Están afuera, en una cancha de fútbol.”



Gean – Nivel 5 años
“Soy yo mirando con una (no sé cómo se llama) peces – larga agua – lupa – araña con una telaraña – perro”

Muchos de los niños no comprendieron la consigna. Tal vez no entiendan ninguna consigna, ¿tienen elementos para entenderlas? Sus experiencias con científicos son muy pocas.

Otros dibujan a sus padres en el “lugar de trabajo”.

Muchos se dibujan a ellos “investigando”, con lupas, los lebistes del Jardín.

Otros dibujan investigadores –detectives– ¿por los dibujos animados de la TV?

SELVA

Eugenio – 3^{er} grado

Participaron 22 niños. La actividad duró unos 30 minutos. No plantearon preguntas ni dudas. Se repitió la consigna.

Resultados:

Dos niños interpretaron el término investigación como búsqueda de pruebas, pero no como investigación científica (“está persiguiendo a un señor que sacó algo de la empresa”; “está con una lupa buscando las huellas de un oso que está durmiendo”).



De los 20:

▶ 14 dibujaron una sola persona: 9 hombres y 5 mujeres.

▶ 6 dibujaron más de una persona:

- en 4 dibujos aparecen 2 hombres (el que investiga y el ayudante; uno adentro de una casa y otro afuera; cada uno en su escritorio); otro dibujó 3 personas: 2 hombres y una mujer. Respecto a la mujer dijo: “Ella le alcanza la silla”, y ante la pregunta: “¿y ella no trabaja?” respondió: “ahora va a sacar su computadora que está guardada”; otro dibujó 6 personas investigando diferentes cosas (4 son hombres y 2 mujeres).

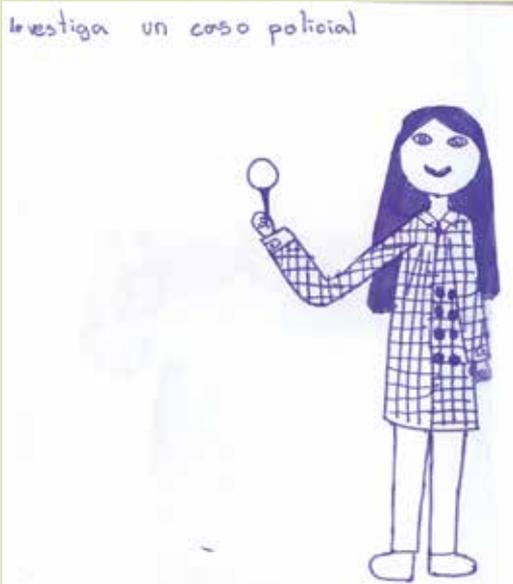
De 31 personas dibujadas:

▶ 16 están investigando con computadoras, 2 con microscopio, 2 con lupa, 2 con telescopio, 1 lleva una pala, 2 algo que no identifico, 6 no tienen nada.

¿Qué investigan? Por qué Marte es rojo, si hay vida en otros planetas, el Sol, los satélites y la Luna, hay un astronauta científico, la gripe porcina, sobre enfermedades, microbios, una vacuna, la enfermedad del oso polar, animales, sobre un oso, árboles y plantas, manzanas, una flor, huesos de dinosaurios, la lluvia, esfera de electricidad.

MIRIAM

Investiga un caso policial



Agustina

Total de alumnos: 18.

15 niños dibujan un “investigador” utilizando diferentes instrumentos, en diferentes lugares (laboratorio, campo, patio, salón de experimentos), realizando experimentos.

Un niño considera al investigador trabajando con un asistente.

Tres niños relacionan lo planteado en la consigna con la investigación policial.

ELISA

Posteriormente, el equipo de investigación se reunió para analizar los dibujos, buscando su pertinencia a la consigna e identificando las expresiones que generaron variadas interpretaciones.

La primera inquietud pasó por realizar una buena lectura del dibujo:

Tendríamos que pensar preguntas de acuerdo a qué queremos saber, para hacerles luego de realizado el trabajo. El dibujo solo no basta, tampoco anotar cada elemento que dibujaron. En los primeros niveles es necesario que cuenten.

CINKIA

Parejas de docentes integrantes del equipo, al analizar los dibujos, necesitaron acordar previamente los distintos niveles de representación de la imagen de científico.¹

	Dibujo pertinente a la consigna
Nivel Inicial	54%
Tercer grado	91%
Quinto grado	95%

Ese primer relevamiento evidenció la necesidad de ajustar la consigna para el Nivel 5 años y de reiterar el trabajo en un Segundo grado que confirmase o no la tendencia que marcaban los dibujos de ese Tercer grado.

Una segunda lectura fue hecha para localizar las expresiones obstáculo, las que habían generado una interpretación diferente, y tratar de esbozar algunas posibles explicaciones.

La que tuvo mayor diversidad fue “investigación científica”, ¿desconocen su significado? Aparentemente no relacionaban “el hacer investigación” con el quehacer de un científico, sino que se dibujaban a sí mismos haciendo “investigaciones de ciencias” en la escuela, o dibujaban detectives y policías investigando.



Stephanie – 5º grado
*“De noche en un pueblo solitario.
 ¿Por qué está ese cráneo ahí?”*



Melina – Nivel 5 años
*“Una niña investigando para encontrar su casa.
 Mirando las huellas que la llevarán a su casa.”*

¹ Ver Capítulo 9.



Guillermo – 2º grado



Juan – 3º grado
 “Están buscando información sobre las plantas.”

La palabra “investigación” centralizaba la representación y, o dejaban de lado la expresión “científica”, o la asignaban a otro contexto como el de la actividad escolar. Pensamos que estas dificultades provenían del entorno cotidiano y del escolar. En el primer caso, la investigación se asocia a los detectives, a la policía, a la búsqueda de pruebas; en el ámbito de la escuela, a averiguar, a indagar, a explorar, a buscar información (en la computadora!); además resulta habitual decirles que van a investigar como pequeños científicos.

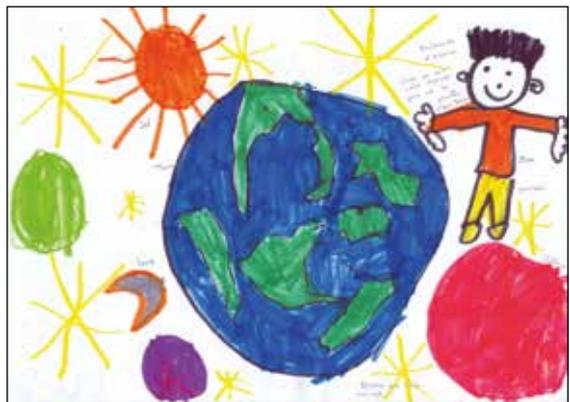
En el Nivel Inicial se agregaba una dificultad con la palabra “científica”, usada con poca frecuencia tanto en el aula como en el hogar.

En ambas situaciones se estaba muy lejos de la investigación que crea conocimiento.

Una integrante del equipo, maestra de Nivel 5 años, previendo esa contaminación y tratando de sortearla, les había planteado a sus alumnos: **Dibuja una persona que hace ciencias en un día de trabajo**. Los niños dijeron no saber qué es “hacer ciencias”. Solamente manifestaron comprensión cuando ella utilizó “investigar”.



Lea – Nivel 5 años
 “Está espiando un volcán. Escalera para ir al volcán. Tiene que sacar las arañas que viven allí.”



Lucía – Nivel 5 años
 “Explorando el espacio. Llegó en una nave espacial para ver los planetas y qué tienen.”

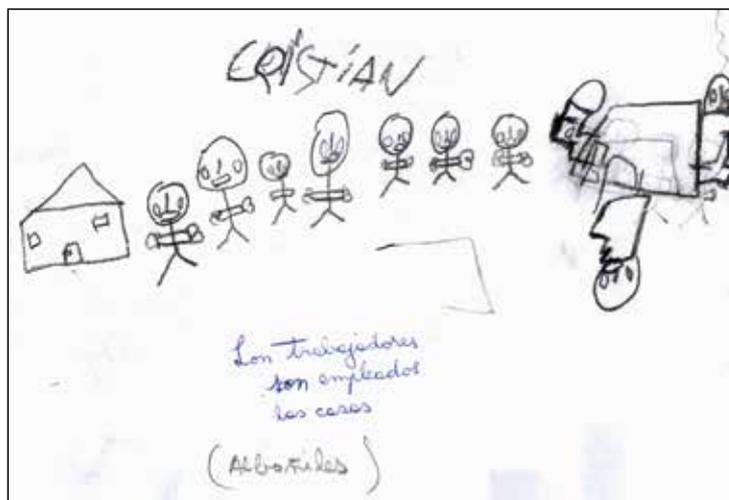
Otra palabra que centralizaba la representación, aunque con una incidencia mucho menor, era “trabajo”. En los dibujos figuraban actividades que desempeñan las personas que pertenecen a sus contextos cotidianos, como albañiles, bomberos, carpinteros, amas de casa.



Tiziana – Nivel 5 años
 “Mi mamá vichando si hay algún bichito, porque en nuestra casa hay ratas y ratones. Mi papá lavando el piso. Ellos dos son científicos para lavar y limpiar todo.”



Ludmila – Nivel 5 años
 “Son científicos que barren. Son científicos, porque tienen ropa de científico. Están trabajando en el patio. Los científicos trabajan para los señores que viven en las casas.”



Cristian – 2º grado
 “Son trabajadores, son empleados en las casas. Son albañiles.”

La incidencia del lenguaje en la comprensión de la consigna era clara pero compleja de resolver, ya que dependía de múltiples causas. Entre otras, el nivel socioeconómico, por ejemplo, podría influir negativamente en la comprensión a lo que se estaba pidiendo, ya que en toda consigna hay supuestos con respecto a lo que el alumno ya sabe, y sobreentendidos del alumno respecto a lo que el maestro espera que él haga. De cualquier forma era necesario disminuir la interferencia que generaba la formulación lingüística. Se acordó realizar modificaciones que permitieran al niño explicitar con mayor precisión sus concepciones.

Pensamos que la modificación debía ir más allá de lo semántico; también era necesario reflexionar sobre la relación entre la imagen de científico y la concepción de ciencia que la consigna posibilitaba.

En ese aspecto, en el enunciado aplicado encontramos:

- ▶ palabras positivas
 - *persona*, ya que no indicaba género;
 - *día*, posibilitaba diferentes contextos de la investigación;
 - *trabajo*, la actividad científica lo es;
- ▶ palabras controvertidas
 - *una*, porque la tarea científica es colectiva;
 - *investigación científica*, los niños más pequeños la desconocen o confunden con otros ámbitos de investigación o con actividades escolares;
 - *día de trabajo*, porque deja afuera al científico como ser humano, con su familia, vida social, etc.

Se decide entonces redactar diferentes consignas cambiando, en cada una, solo un aspecto; aplicarlas en grupos de prueba; analizar los resultados; reformular, de ser necesario, para luego, valorando lo sucedido, decidir cuál sería la consigna a utilizar en cada uno de los grados seleccionados para la investigación.

Cambios en la consigna

No nos resultó simple su formulación. Los cambios en las consignas debíamos realizarlos asumiendo que la ciencia es una actividad colaborativa, desarrollada tanto por hombres como por mujeres que producen conocimiento en diversos contextos y considerando los obstáculos que habíamos detectado, las palabras que denotaron limitaciones en su interpretación.

Las reflexiones del grupo de trabajo se fueron centrando en lo siguiente: si la ciencia es una actividad...

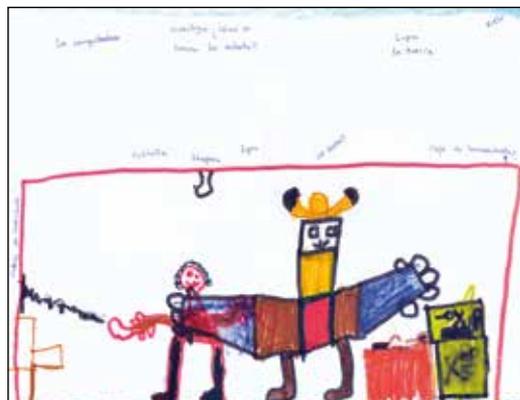
- ▶ ...*colaborativa*, la consigna no debería condicionar el dibujo de un único científico al decir *una persona*. Por ello, en su lugar se propuso *gente*, que mantiene la neutralidad en el género, pero implica plural. La incorporación de esta palabra fue muy discutida por el equipo, dado su uso habitual con un significado opuesto; en algunos contextos suele decirse “hay gente en la puerta”, refiriéndose a una sola persona. Se dudaba de que los niños le asignaran el significado de pluralidad de personas, por eso se propuso otra opción, *una o varias personas*.
- ▶ ...*desarrollada tanto por hombres como por mujeres*, entonces tanto *persona* como *gente* eran adecuadas, no se modificaron.
- ▶ ...*que produce conocimiento*, en este caso debíamos encontrar una expresión alternativa a *investigación científica*, que había sido un obstáculo en los primeros niveles. No se insiste con *hace ciencias*, porque se había recogido una experiencia negativa en un grupo de Nivel 5 años. Surgió la idea de retomar la palabra *científico* de la consigna DAST, usándola para indicar el sujeto e implicar su actividad: *un científico y lo que hace*.
- ▶ ...*que se desarrolla en diferentes contextos*, se decide sustituir *día* por *lugar*, pues ello podría mostrar evidencias en relación a la variedad de contextos en los que se realiza. Se mantenía la objeción en cuanto a considerar al científico solamente como trabajador, por eso otra opción era no nombrar el contexto, dando más amplitud a la representación.

Habíamos establecido modificaciones en género, número, actividad y contexto, que contemplaban lo que nos habíamos propuesto; por un lado, la concepción de ciencia y científico; por el otro, los obstáculos semánticos identificados.

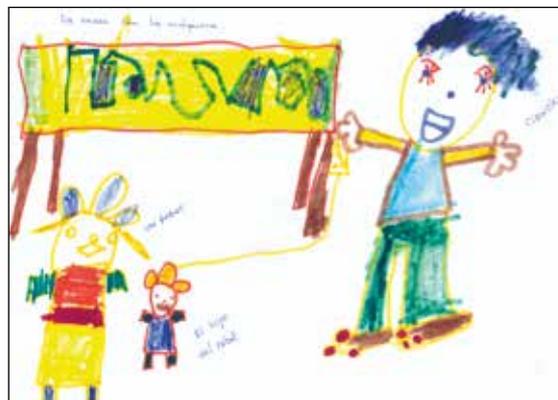
SUJETO	ACTIVIDAD	CONTEXTO
una o varias personas	hace investigación científica	día de trabajo
gente		lugar de trabajo
uno o varios científicos o científicas	lo que hacen, lo que están haciendo ²	sin referencia

Sin embargo, en el equipo se mantenía la duda sobre la interpretación que los niños de 5 años darían, en este caso, al vocablo “científico”. Por eso se resolvió realizar dos intervenciones previas a la consigna, cuyo propósito era activar las conceptualizaciones de “científico” del alumnado.

- ▶ A partir de una lámina con el dibujo de Dexter, se conversa sobre quién es, qué hace, dónde, cómo, si es real, etc. Se remarca que se trata de un personaje inventado y se les plantea si ellos conocen, en la realidad, personas que sean científicos, dónde los conocieron, qué hacen, etc.



Luis – Nivel 5 años
“Investiga cómo se hacen los robots. Cables de corriente, cuchilla, lámpara, lupa, un robot, caja de herramientas.”



Juan – Nivel 5 años
“La mesa con la máquina. Un robot, el hijo del robot y el científico.”

² Estas expresiones no fueron probadas, se introdujeron en la consigna definitiva como forma de superar obstáculos y ante los resultados obtenidos al incluir día o lugar de trabajo.

- Se analizan dos fotografías que muestran grupos de científicos trabajando en distintos ambientes, se buscan semejanzas y diferencias.



Combinando casi todos estos elementos, se redactaron nuevas consignas que fueron aplicadas en varios grupos.

En el Nivel Inicial y en Segundo grado habíamos apreciado las mayores dificultades, por eso fueron varias las modificaciones.

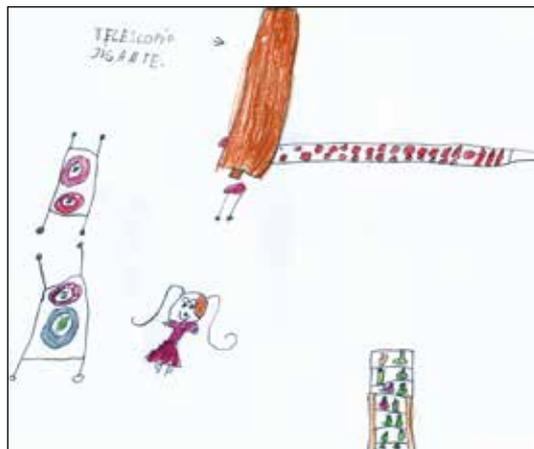
A las consignas ya utilizadas en **Nivel Inicial** se agregaron las siguientes:

Dibuja gente que hace investigación científica, tal como te la imaginas en un día de trabajo.	Canelones (1 grupo).
Dibuja un científico o una científica , tal como te lo o la imaginas en su lugar de trabajo.	Canelones y Tacuarembó (1 grupo en c/u). Montevideo (2 grupos) con ejemplificación del “científico” Dexter.
Dibuja una o varias personas que hacen investigación científica, tal como te las imaginas en un día de trabajo.	Montevideo (1 grupo).
Dibuja una o varias personas que hacen investigación científica, tal como te las imaginas en su lugar de trabajo.	Montevideo (1 grupo) con análisis previo de láminas.



Víctor – Nivel 5 años

“Mauricio y Ana investigan en verano si en la selva hay canguros, león, si están vivos. Son jóvenes, hay otros atrás porque vinieron juntos a curar animales.”



Sofía – 2º grado

En Segundo grado

Dibuja una persona que hace investigación científica, tal como te la imaginas en su lugar de trabajo .	Canelones Costa (1 grupo).
Dibuja gente que hace investigación científica, tal como te la imaginas en un día de trabajo.	Canelones Costa (1 grupo).
Dibuja un científico o una científica , tal como te lo o la imaginas en un día de trabajo.	Florida (2 grupos) y Tacuarembó (1 grupo).
Dibuja un científico o una científica , tal como te lo o la imaginas en su lugar de trabajo.	Canelones Costa (1 grupo).
Dibuja una o varias personas que hacen investigación científica, tal como te las imaginas en un día de trabajo.	Tacuarembó (1 grupo).

Como los dibujos de los alumnos de **Quinto grado** habían estado dentro de los parámetros esperables, solamente se aplicaron dos modificaciones, las vinculadas al número y las relacionadas al contexto.

Dibuja una persona que hace investigación científica, tal como te la imaginas en su lugar de trabajo.	Canelones Costa (1 grupo).
Dibuja gente que hace investigación científica, tal como te la imaginas en su lugar de trabajo.	Soriano (1 grupo).
Dibuja una o varias personas que hacen investigación científica, tal como te las imaginas en un día de trabajo.	Montevideo (1 grupo).

También se probó realizar el dibujo con un solo color (negro) o dando libertad en el uso del color.

Sintetizamos aquí el trabajo realizado.

	Cantidad de consignas	Cantidad de grupos	Total de alumnos
Nivel Inicial	6	10	178
Segundo grado	6	8	181
Quinto grado	4	6	144
Totales	10 consignas diferentes	24	503

Reflexiones sobre los resultados

Nos interesa concentrarnos en los resultados que atañen a la influencia de la formulación lingüística de la consigna. Estos se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- ▶ Cuando se pregunta por *“una persona”*, la mayoría de los alumnos dibujan a un científico solo; y cuando dibujan a más de un científico, los hacen trabajando aisladamente.

- ▶ Cuando se propone “uno o varios”, aumenta la frecuencia del plural frente al singular; dibujan dos o más de dos personas; aunque de alguna manera trabajan juntos, no se confirma que se compartan tareas.
- ▶ La palabra “gente” no mostró cambios en el número de personas dibujadas.



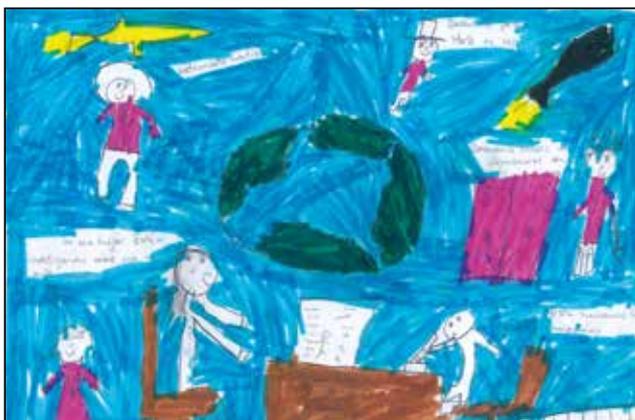
Luciana – Nivel 5 años
 “Una mujer debajo de la tierra. Lupa para investigar. Casco con luz.”



Esteban – Nivel 5 años
 “Todos científicos. Seis años. Están en el campo. Investigan animales para ayudarlos.”



Constanza – 2º grado



Ariel – 3º grado
 “Astronauta científico. Descubrió por qué Marte es rojo. Descubrió huesos de dinosaurios. Está mirando microbios. Es una mujer, está investigando sobre una enfermedad. Ella descubrió la enfermedad del oso polar.”



Nahuel – 3º grado
 “Está mirando los satélites y la Luna. Ella le alcanza la silla. Ahora va a sacar su computadora que está guardada. Está mirando el sol en la computadora.”



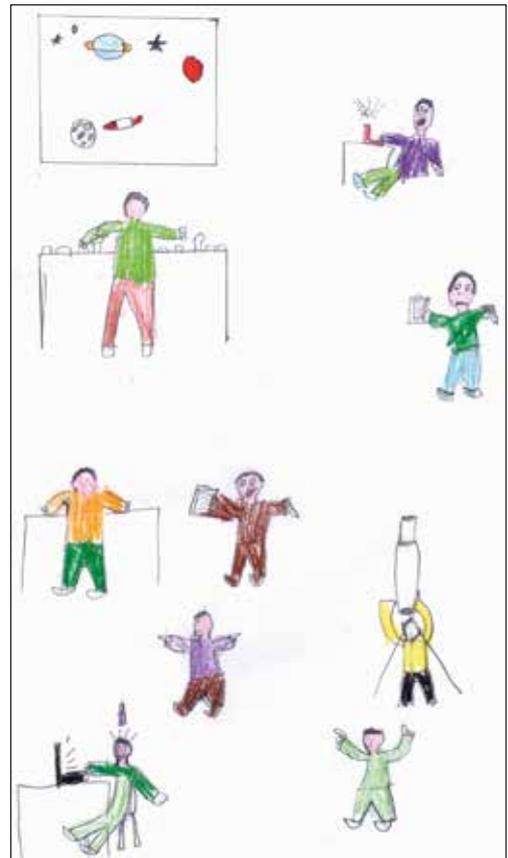
Jorge – 2º grado
 “Sacando piedras, buscando huesos.”

Dibujan **una** persona

La CONSIGNA dice:	NIVEL INICIAL	SEGUNDO GRADO	TERCER GRADO
“una persona”	76%	82%	87%
“una o varias personas” “gente”	23%	51%	47%

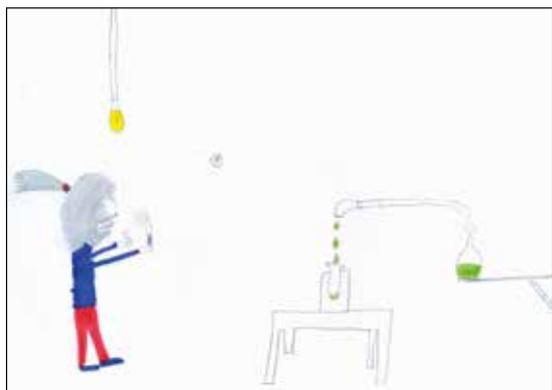


Yanina – 5º grado
 “Un hombre haciendo una poción. ¿Cuál? ¿Para qué? No sé.”

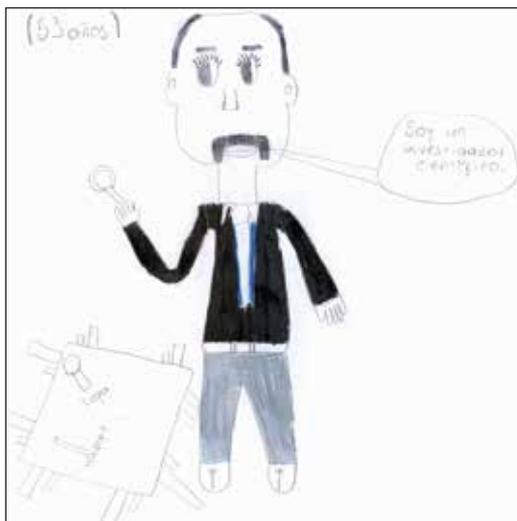


Federico – 5º grado

- ▶ Cuando la consigna es “neutra” en relación al género –*persona, gente*– dibujan mayoritariamente una persona y masculina. Aparecen igualmente mujeres, aunque en menor número.



Hernán – 5° grado



Rodrigo – 5° grado



Belén – Nivel 5 años
 “Es un hombre feo, está escalando un árbol para ayudarlo a crecer. Era en el patio de la casa.”



Ma. Eugenia – 2° grado
 “Está investigando una mariquita.”

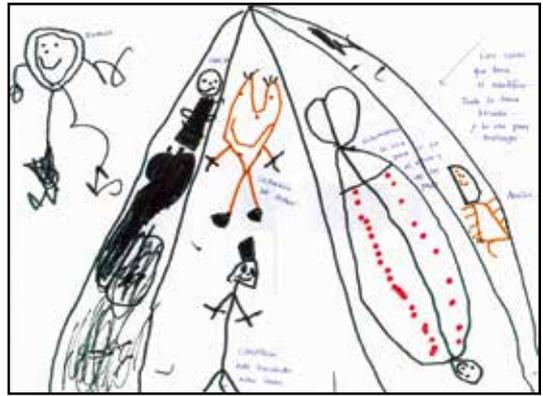
- ▶ Las expresiones *científico* o *científica* fueron usadas solamente en los primeros niveles. En los grupos en los que previamente se conversó sobre Dexter, se disparó el estereotipo usual de varón adulto con la contaminación de inventor (*hace robots*). En los otros grupos, los niños dibujan niños o varones adultos, y las niñas dibujan niñas en el rol de científicas o mujeres.

Dibujan hombres

La CONSIGNA dice:	NIVEL INICIAL	SEGUNDO GRADO	TERCER GRADO
“persona” “gente”	40%	68%	84%
“científico o científica”	80%	50%	(no se probó)



Ashey – Nivel 5 años
 “Trabaja en lo que vos dijiste. Es un señor que está prendiendo un botón, que aprieta para que los cables funcionen. Cajones donde guarda experimentos. Abre, tiene cables donde mete la bolita. Una bolita hace fuego, está probando si funciona.”



Ana – Nivel 5 años
 “El científico está haciendo estas cosas. Robot, abeja, corazón de robot. El submarino lo usa para ir por el agua y ver los peces. Las cosas que tiene el científico. Todo lo tiene tirado y lo usa para trabajar. Araña.”



Junior – 3º grado
 “Está buscando información sobre huesos de dinosaurios. Tiene 33 años.”



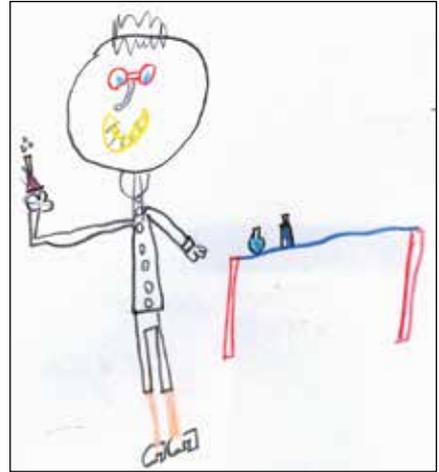
José – 2º grado

- Al cambiar “día” por “lugar”, aumenta la presencia del laboratorio característico del estereotipo, disminuyendo los otros contextos de trabajo.

LABORATORIO	LUGAR	DÍA
NIVEL INICIAL	35%	4%
SEGUNDO GRADO	75%	60%
QUINTO GRADO	81%	56%



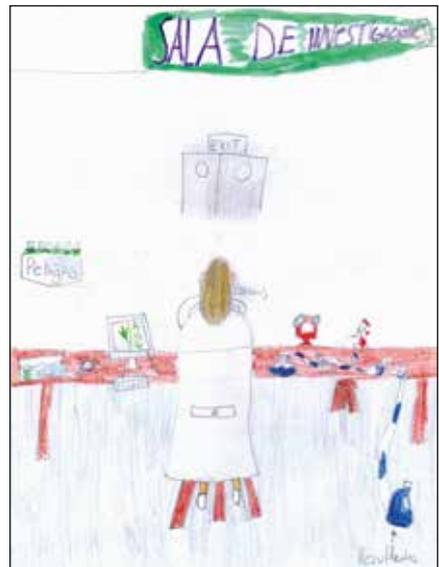
Leandro – 5° grado



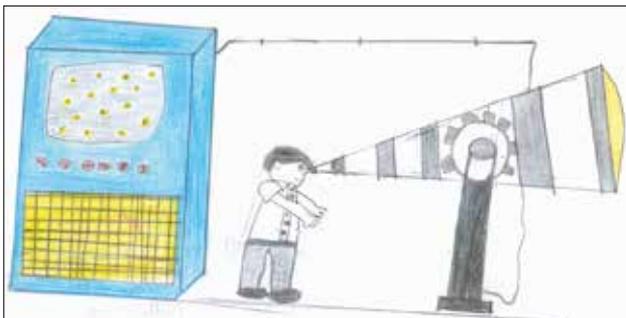
Cristofer – 2° grado



Debray – 5° grado



Joaquín – 5° grado



Ignacio – 5° grado

Se toman decisiones

Al analizar los resultados de la implementación de las consignas reformuladas, confirmamos nuestra idea inicial, las palabras usadas en la redacción de las consignas sesgaban la representación de las concepciones infantiles, especialmente en los primeros tramos de la escolaridad.

Las variaciones sustanciales las habíamos encontrado en el Nivel 5 años y en Segundo grado, el vocabulario utilizado actuaba como una dificultad a la hora de representar sus concepciones sobre el científico y la ciencia.

Las producciones dejaron en evidencia que la terminología empleada incidía en lo dibujado. Esto nos llevó a dejar de lado la consigna inicialmente elegida para la investigación y aplicar, en los grupos piloto, una nueva que incluyese aspectos que habían aparecido como claves para la comprensión.

El trabajo realizado permitió seleccionar aquellas palabras que, teniendo en cuenta al niño y su contexto, hicieran posible obtener la representación que expresara más fehacientemente las concepciones del alumno.

Parte de la información obtenida al aplicar seis consignas en el **Nivel 5 años** la sintetizamos en la siguiente tabla:

↓ CONSIGNA	DIBUJA UNA PERSONA	DIBUJA GÉNERO MASCULINO	DIBUJA CIENTÍFICO
en singular	76%		
en plural	24%		
no diferencia género		40%	
diferencia género		39%	
persona, gente			26%
científico o científica			40%

Por lo tanto, la consigna debía incluir el vocablo “científico”, diferenciar género e indicar plural. El comienzo estaba definido: *“Dibuja uno o varios científicos y científicas”*.

Como no queríamos que dibujasen solamente la o las figura(s), debíamos continuar la consigna haciendo referencia a la actividad del científico, pero no podíamos utilizar ni “investigación” ni “trabajo” por la distorsión que generaban. Esa expresión debía ser lo suficientemente amplia como para posibilitar la representación de variadas tareas, en numerosos contextos y aún actividades sociales del científico, por ejemplo, “lo que hacen”.

Luego de analizar las distintas representaciones que posibilitaban los enunciados, decidimos utilizar la siguiente consigna:

► ***Dibuja uno o varios científicos y científicas, y lo que están haciendo.***

Hicimos el mismo análisis con la información recabada por las seis consignas aplicadas en **Segundo grado**.

↓ CONSIGNA	DIBUJA UNA PERSONA	DIBUJA GÉNERO MASCULINO	DIBUJA CIENTÍFICO
en singular	82%		
en plural	51%		
no diferencia género		68%	
diferencia género		35%	
persona, gente			42%
científico o científica			59%

Estábamos ante una situación similar, por eso decidimos aplicar la misma consigna que en el Nivel 5 años.

► **Dibuja uno o varios científicos y científicas, y lo que están haciendo.**

En **Quinto grado** no habíamos encontrado que *investigación científica* fuese un obstáculo; si nos interesó indagar sobre el número y el contexto.

La consigna dice: →	UNA PERSONA	GENTE	UNA O VARIAS PERSONAS
■ Dibuja una persona	84%	25%	79%
■ Dibuja dos	15%	36%	11%
■ Dibuja más de dos	2%	39%	11%

La palabra *gente* parecía ocasionar el dibujo de más de un científico, pero fue probada en solo dos grupos. Por otra parte, frente a *una o varias*, se da un porcentaje similar a la consigna en singular. El lenguaje utilizado en la formulación de la consigna había tenido escasa incidencia al momento de explicitar ideas; el resultado siempre era similar, predominaban rasgos del estereotipo de científico.

En cuanto al contexto, si la consigna refería a *día de trabajo*, el 56% de los alumnos dibujaba al científico en un laboratorio; mientras que si la consigna decía *lugar de trabajo*, el 81% los dibujaba en el laboratorio. Esto nos hizo decidir por la primera expresión, ya que además permitía representar otras actividades. Decidimos mantener la consigna original:

► **Dibuja una persona que hace investigación científica, tal como te la imaginas en un día de trabajo.**

A modo de cierre

Trabajar en el nivel enunciativo de la consigna implicó decidir el propósito (poner en dibujo el pensamiento), el léxico más adecuado, una organización sintáctica y semántica simple, un registro familiar. Pero al priorizar su dimensión dialógica, tuvimos que resolver la tensión en una acción investigativa.

Quizás no hayamos encontrado la consigna ideal, pero sí creemos que las dos a utilizar en el piloto son las que mejor alinean la representación que buscábamos con el sentido asignado por los niños.

Pensamos, contrariamente a D. W. Chambers, que las modificaciones realizadas no generan confusión ni dan señales a los niños de lo que se espera de ellos; por el contrario, buscan tender puentes cognitivos con sus conceptualizaciones. ■

Para leer los dibujos

Dispositivos que enriquecen el análisis

Ma. Cecilia Cicerchia | Andrea Etchartea

«El arte surge cuando el conocedor de las reglas aprende a aplicarlas adecuadamente a cada caso particular.»

J. J. Schwab (1983)

El dibujo es una forma de comunicación que trasciende las barreras del idioma y además posee la ventaja de ser una actividad que es disfrutada sin tensiones por los niños. Este sistema simbólico gráfico de construcción individual permite representar algún aspecto del mundo externo, “retocado” por las ideas que cada uno tiene al respecto.

En el capítulo anterior se analizó cómo, al correlacionar los obstáculos lingüísticos que fuimos encontrando con las representaciones de los niños, logramos definir las consignas a utilizar en la investigación. Ahora nos centraremos en las dificultades que tuvimos al “leer”, al interpretar los dibujos. Era importante superarlas para poder visualizar y entender qué imágenes de ciencia y de científico representaban los niños.

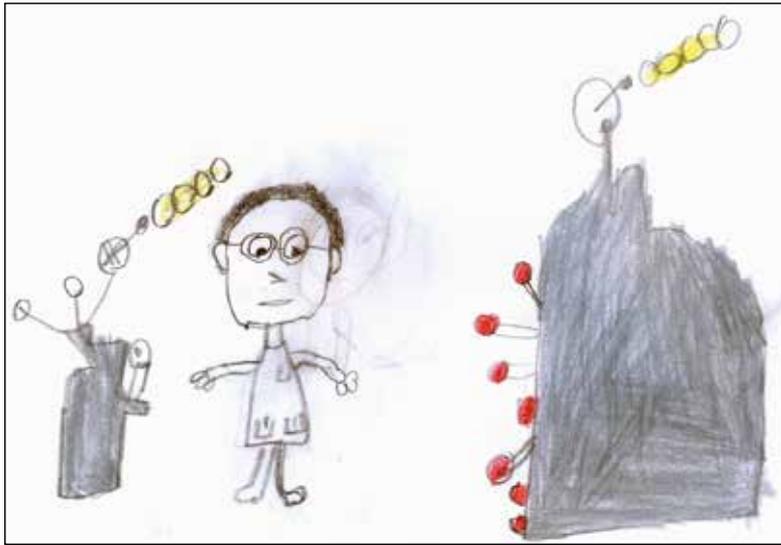
En primera instancia acordamos que cada dibujo sería analizado por distintos integrantes del equipo, al menos por dos. Cuando poníamos en común los registros, sentíamos demasiada subjetividad. Eran muchas las interpretaciones posibles frente al mismo dibujo. “*Me parece que*”, “*creemos que*”, “*acordamos entonces en que*” eran comentarios usuales... Nos resultaba difícil precisar lo que el niño plasmaba en su dibujo que, por sí mismo, no siempre permitía la lectura.

He aquí algunos ejemplos de nuestros registros.



Gastón – Nivel Inicial

- ▶ *Dibuja dos personas: un hombre, una mujer. No sabemos si los dos trabajan juntos, si hay alguna relación jerárquica o si alguno de ellos no trabaja y simplemente acompaña.*
- ▶ *El hombre usa corbata y tiene los pelos parados.*
- ▶ *En cuanto al lugar donde trabajan, no sabemos si es que están encerrados mostrando que afuera brilla el sol, o si están afuera, pero tienen el lugar de trabajo delimitado.*
- ▶ *Trabajan en la disciplina biología, con animales y plantas. ¿O la mariposa y las plantas forman parte del paisaje sin tener relación con los científicos?*



Germán –
2º grado

- ▶ *Dibuja un hombre que trabaja en soledad (¿o esas máquinas, que parecen enviar ondas, se comunican con otros científicos con los que trabaja?).*
- ▶ *Usa túnica y anteojos. Está trabajando en un espacio cerrado.*
- ▶ *Podemos pensar que es un inventor debido a que dibuja maquinaria. También podría estar experimentando algo en ellas.*



Rodrigo – 5º grado

- ▶ *Parece un equipo de trabajo. Podrían tener el mismo nivel de jerarquía, ya que todos llevan la misma ropa. Eso también nos permitiría afirmar que se trata de uniformes.*
- ▶ *Son varones jóvenes con los pelos parados. Se encuentran en un espacio interior.*
- ▶ *Su actitud es de observación.*
- ▶ *Están estudiando un dinosaurio, desconocemos si lo están reanimando o está muriendo. Están investigando algo, ¿qué?*
- ▶ *Usan un aparato muy potente, dado el haz de luz. ¿Cuál será su función?*

Por lo expuesto, la lectura de los dibujos planteaba varias interrogantes al tratar de identificar los indicadores que habíamos listado. Para hacer posible un análisis más preciso, menos subjetivo, buscamos cómo superar esta dificultad.

Enriquecer la mirada...

A la realización del dibujo le incorporamos una intervención docente que nos permitiera clarificar:

- ▶ A quién dibuja (para determinar si se representaban a sí mismos, a un detective, por ejemplo, o a “alguien” haciendo ciencia).
- ▶ Qué edad tiene (juventud o vejez).
- ▶ Si es hombre o mujer.
- ▶ Cómo está vestido o vestida (si usa túnica o uniforme, guantes, lentes, etc.).
- ▶ Qué tarea realiza y en qué forma (actividades específicas, con quién trabaja).
- ▶ Qué instrumentos usa, para qué.
- ▶ En qué área o disciplina trabaja.
- ▶ En qué espacio (si es un laboratorio, qué muebles usa, qué guarda en ellos).

Para ordenar esta información recurrimos al marco teórico de Chambers (1983), recuperando sus siete indicadores. Elaboramos entonces el siguiente cuadro para relevar las concepciones representadas en los dibujos.

Categoría	Información que buscábamos
1. Túnica usual, pero no necesariamente blanca.	¿Qué ropa usa?, ¿por qué?
2. Lentes.	Si los dibuja: ¿por qué usa lentes? (tiene escasa visión o por protección).
3. Vellos en la cara (barba, bigotes o larguísimas patillas).	No corresponde pregunta, está presente o no en el dibujo.
4. Símbolos de investigación: instrumentos científicos y equipamiento de laboratorio de cualquier tipo.	¿Qué instrumentos usa?, ¿por qué? ¿Para qué? ¿Qué están haciendo?
5. Símbolos de conocimiento: principalmente libros y clasificadores.	¿Qué muebles usa?, ¿qué guarda en ellos?
6. Tecnología: los productos de la ciencia.	No se realizaron preguntas.
7. Leyendas relevantes: fórmulas, clasificación taxonómica, el síndrome jeureka!	No se realizaron preguntas.

Por otra parte, necesitábamos información que no entraba dentro de las categorías mencionadas, por ejemplo:

- ▶ ¿Quién es? Era necesaria para darnos cuenta si realmente representaba a un científico o científica, alguien que se dedica a la ciencia, o era un señor buscando pistas por un crimen, alguien buscando un tesoro, o niños investigando en la escuela.
- ▶ ¿Cuántos años tiene? O, ¿es joven o viejo? Nos resultaba importante para visualizar el tramo de edad en la que enmarcan el trabajo de los científicos, pero teniendo en cuenta lo que, de acuerdo a la edad de los niños, se puede entender por joven o viejo.
- ▶ ¿Es hombre o mujer? El género muchas veces no se evidenciaba en el dibujo, y esa información era importante, ya que la literatura leída nos decía que generalmente se dibujan hombres.
- ▶ Si se dibujaban varias personas, debíamos intentar precisar: ¿cómo trabajan?, ¿quiénes son esas personas?, ¿qué vínculos tienen entre ellos? Las respuestas nos permitían diferenciar si se trataba de científico o científica con ayudantes o con otros científicos (conocer si concebían el trabajo en equipo). En este caso era especialmente importante atender el género de las personas que formaban parte del dibujo.

- ▶ Cuando los dibujaban “en soledad”, era importante hablar sobre los motivos de ese aparente trabajo en solitario.
- ▶ Para conocer en qué área o disciplina trabajaba el científico representado, muchas veces tuvimos que preguntar: ¿qué está haciendo?, ¿sobre qué investiga (si es que lo hace)?

...por distintos caminos

Usamos tres dispositivos de intervención para poder definir si el dibujo se ajustaba o no a la consigna, y si los elementos dibujados correspondían a los indicadores seleccionados para “leer” las imágenes de ciencia y de científico. Esos dispositivos fueron:

1. *Notas de campo.* La maestra escribe mientras el niño comenta.
2. *Registro escrito del propio niño o la propia niña.* A veces, los niños escriben en sus propios trabajos.
3. *Entrevista personalizada.* El maestro entrevista al niño.

El proceso de creación y ajuste de los tres dispositivos se realizó durante la búsqueda de la consigna. En la investigación propiamente dicha usamos solamente la entrevista.

Dispositivo 1: Las notas de campo

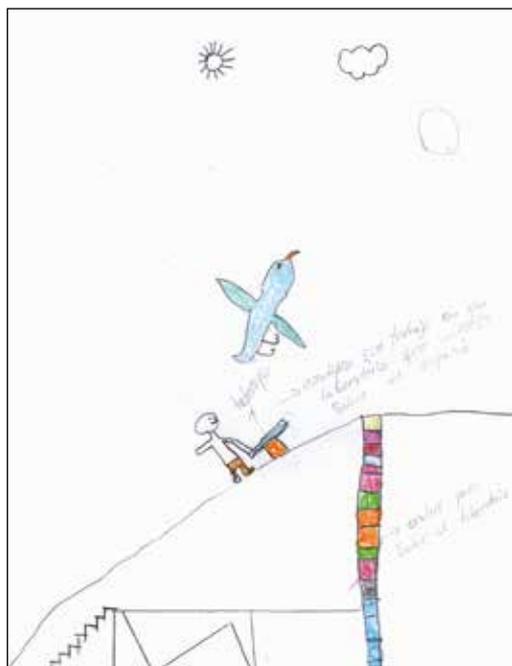
Muchas veces, el niño comentaba espontáneamente a sus compañeros o a la maestra lo que estaba dibujando; otras, la docente buscaba la forma de generar ese comentario, ante dudas que se le planteaban al recibir el dibujo terminado. En todos los casos, la maestra incorporaba estas “notas de campo” al dibujo del niño o niña.



Camila – Nivel 5 años
“Investigan flores y estrellas, usan lentes, van caminando, quieren saber cómo crecen, si se pueden poner en floreros”

En este ejemplo, si no se contara con las precisiones aportadas por las notas de campo, se podría interpretar que la niña no cumplió con la consigna, ya que solamente se ven niñas en un parque con mariposas y flores.

Daniel – 2º grado



Anotaciones de la maestra, recogidas de comentarios del niño: *"telescopio – científico que trabaja en un laboratorio que investiga sobre el espacio – escalera para subir al laboratorio"*.

Sin las aclaraciones escritas por la maestra en este dibujo, probablemente creeríamos que es un niño subiendo, con un juguete, a una azotea, a una lomada o rampa, que está mirando un ave, o que esta acompaña el dibujo mostrando la altura a la que ha llegado el niño.

Dispositivo 2: Registro escrito del propio niño o la propia niña

En algunos casos, los niños y niñas incluyen texto escrito en sus propios dibujos. En otros casos, se les solicitó a los niños que escribieran, en sus propios dibujos, lo que consideraran pertinente para una buena interpretación del docente.



Elisa – 5º grado

Con la leyenda añadida por Elisa sabemos que ella no dibujó un científico, sino un investigador de otra índole, un detective. Si no estuviera la aclaración hecha por la propia niña, podríamos quizás pensar que el hombre es un científico que estudia huellas de animales vivos o extintos. Un investigador del ámbito biológico o paleontológico, que está trabajando al aire libre, lejos del clásico laboratorio. Entenderíamos que lo hace en soledad cuando, en realidad, este hombre-investigador trabaja con su perro.



Karolina – 2º grado
 "Vendo papa, vendo papa, vendo papa para la comida, 10\$. Cuánto salen, compro un kilo."

En esta producción, la niña realiza las aclaraciones mediante un diálogo entre los dos personajes. Este nos permite entender que no son dos personas trabajando juntas con fines científicos. No ha cumplido con la consigna.

Dispositivo 3: Entrevista personalizada

Algunas veces, los comentarios orales o escritos de los niños resultaron insuficientes para garantizar una lectura mínimamente adecuada del dibujo; por eso, instrumentamos la entrevista.

La entrevista es un diálogo formal, no improvisado (Restrepo, 2007), que requiere un diseño previo de contenidos y formas de registro.

Como *diálogo formal*, es una técnica de investigación que demanda gran preparación, y solo es útil si se tiene muy claro qué tipo de información se espera recoger.

La fase de diseño es, en palabras de Vincent (2009:169), fundamental: «*Cuando un procedimiento de entrevista carece de planificación y justificación es improductivo, ineficaz y contrario a la ética*».

Para que resulte ser una fuente valiosa, la entrevista debe diseñarse pensando en recoger información pertinente y necesaria para el objeto de conocimiento que se persigue. Nuestro objeto de conocimiento estaba definido: las imágenes de ciencia y de científico que tienen los escolares uruguayos.

En cuanto al contenido, como hemos dicho anteriormente, nos decidimos por combinar preguntas relacionadas con los siete indicadores usados por Chambers con aquellas que frecuentemente habíamos realizado en la búsqueda de una información más precisa.

Una vez redactadas esas preguntas, las agrupamos en tres categorías: los sujetos, la tarea que realizan y el lugar donde la realizan. En caso de aparecer más de un sujeto en el dibujo, abrimos una cuarta categoría de preguntas sobre la relación entre ellos.

Para la ejecución de la entrevista, organizamos las preguntas en una grilla. La probamos en algunos grupos cuando buscábamos definir las consignas a usar, y obtuvimos información relevante para terminar de ajustarla.

El guion de la entrevista

1. Actores

¿Quién es?	Edad	¿Por qué tiene esa edad?	Vestimenta		
			Túnica	Otra	¿Por qué se viste así?
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

2. Tarea

¿Qué está haciendo?	¿Qué instrumentos utiliza para la tarea?	¿Para qué?
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Si hay más de uno:

¿Trabajan sobre lo mismo?	
¿Se cuentan lo que hacen?	
Otros	

3. Espacio

¿Dónde está(n)?	¿Por qué está(n) ahí?	¿Qué muebles u objetos hay?	¿Para qué sirven? ¿Qué guardan?

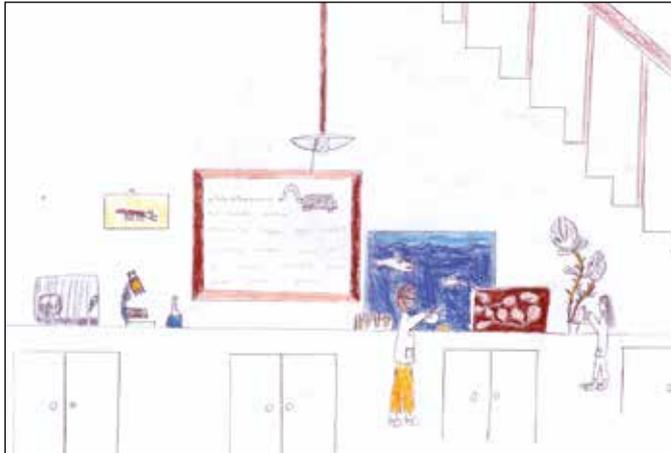
Este guion de la entrevista fue usado, al mismo tiempo, como plantilla de registro de las respuestas.

Pensamos la entrevista como semidirigida, como una conversación alrededor del dibujo con un cuestionario abierto de sostén, y la libertad de preguntar y repreguntar a partir de los elementos del dibujo y de las respuestas de su autor. Nunca consideramos que este guion-grilla fuese cerrado, limitado, ya que toda verdadera conversación implica atender y entender el decir del otro.

La escucha atenta era nuestro mejor instrumento de observación, pues nos brindaba la necesaria flexibilidad para seguir la dinámica de la propia entrevista. Pero dada nuestra falta de experiencia en entrevistar, pensamos también diferentes maneras de formular las preguntas, en caso de que la respuesta del niño denotara falta de comprensión al respecto.

La entrevista en el pre-test

En el pre-test, la entrevista se realiza cuando el niño entrega el dibujo. Estuvo a cargo de la maestra del grupo o del observador. Su objetivo era precisar la información sobre lo dibujado.



Agustín – 5º grado

Agustín R. 20/10/09
Dibuja una persona que realiza investigación científica en su lugar de trabajo.
Están en un laboratorio, hacen experimentos; de 20 a 25 años; Ambos sexos. Trabajan juntos. Uno hace los experimentos y el otro prueba en los animales para ver cómo reaccionan. Si funciona lo prueban en humanos. No usan uniforme.
Muebles para guardar cosas que usan. La pecera es para peces que usan en experimentos. La escalera es porque hay un segundo piso.

Registro realizado por la maestra a partir de la planilla:

[“Agustín R. 20/10/09

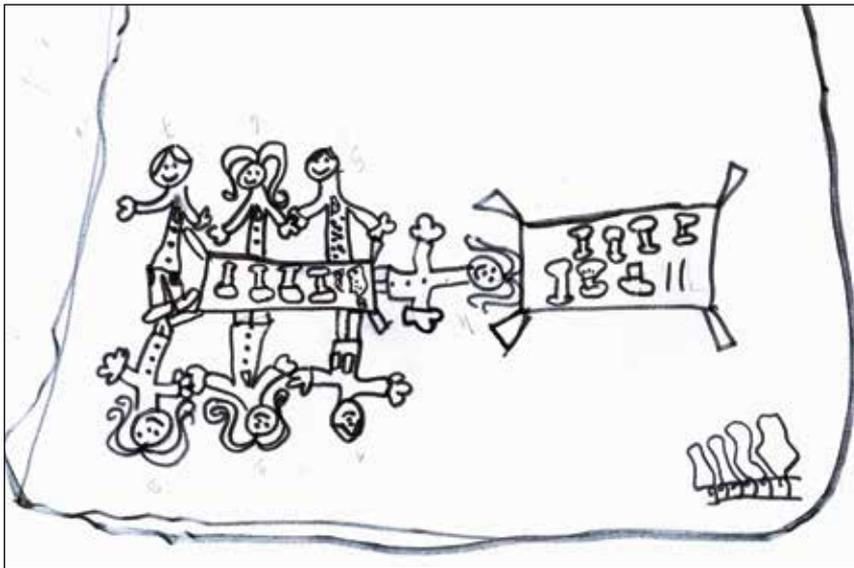
Dibuja una persona que realiza investigación científica en su lugar de trabajo.

Están en un laboratorio, hacen experimentos; de 20 a 25 años; ambos sexos. Trabajan juntos. Uno hace los experimentos y el otro prueba en los animales para ver cómo reaccionan. Si funciona lo prueban en humanos. No usan uniforme.

Muebles para guardar cosas que usan. La pecera es para peces que usan en experimentos. La escalera es porque hay un segundo piso.”]

La entrevista del ejemplo evidenció que no hay relación jerárquica ni de dependencia entre las dos personas; que los objetos aparentemente decorativos no son tales, sino que cumplen una función dentro del ciclo de experimentos que se realizan; y que los niños ven a la ciencia relacionada con la sociedad, trabajando a favor de ella, ya que explicitan que primero se hacen experimentos con animales, y si funcionan, se prueban en humanos, entre otros aspectos.





Julieta –
Nivel Inicial

El trabajo de Julieta está acompañado con una entrevista que reveló que ella ha dibujado científicos, y no personas comiendo alrededor de una mesa.

Julieta

CONSIGNA: Dibuja uno o varios científicos o científicas y lo que están haciendo

CLASE Nivel Inicial 5 años	Maestro	Harelne	
	Observador/es	Selva, Rosario	
	Registro	Harelne	

ACTORES	¿Quién es?	Edad	¿Por qué tiene esa edad?	Vestimenta		¿Por qué se viste así?
				Tunica	Otra	
1	Científico	60	Porque tiene sus manos con trabaja.	x		No x.
2	Científica	-debo	Porque es más joven	y		Porque la usa para trabaja.
3	Científico	"	"	y		"
4	Científico	"	"	x		"
5	Científico.	"	"	x		"

TAREA	¿Qué están haciendo?	¿Qué instrumentos utilizan para la tarea?	¿Para que?
1	Cont. 1, 2 y 3 trabajan con frascos.	Frascos y guantes.	Para no ensuciarse.
2	Cont. 4 los está ayudando.	"	"
3	Cont. 5, 6, 7 curan los enfermos.	Jupa, microscopio.	Porque tienen que mirar cosas chicas (microbios) y los ponen en frascos.
4	hacen un remedio.		
5			

Si hay más de uno:

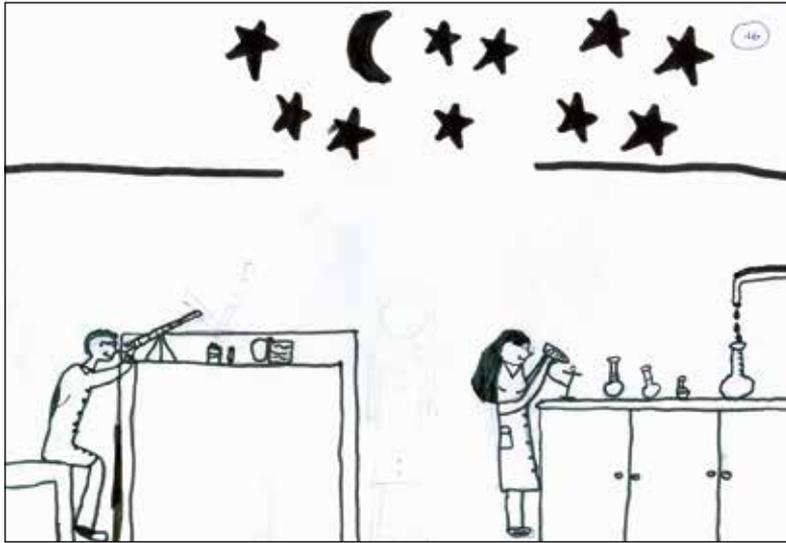
¿Trabajan sobre lo mismo? No

¿Se cuentan lo que hacen? No

Otros: No, porque cont. 1, 2 y 3 están haciendo un trabajo con los frascos y 4 los está ayudando. y cont. 5, 6 y 7 en otra cosa, experimentando como se curan los enfermos y le preguntan al otro si pueden usar algo de él.

ESPACIO	¿Dónde está(n)?	¿Por qué están ahí?	¿Qué muebles u objetos hay?	¿Para que sirven? ¿Qué guardan?
1	Todos en el laboratorio.	Porque es donde trabajan los científicos.	Hay frascos, esto que se le dice como se llama (¿microscopio?)	Para hacer los casos, las experimentaciones.
2				
3				
4				
5				

Este documento deja en claro, la manera en que el niño percibe a los científicos, el espacio en el que trabajan, el relacionamiento que existe entre ellos y los objetivos que persiguen. Con el uso de este instrumento logramos acceder, por medio del dibujo, no solo a la imagen de científico, sino también a la imagen de ciencia que tiene el niño o la niña.



Tatiana –
5º grado

Tatiana O.

ACTORES

¿Quién es?	Edad	¿Por qué lo dibujaste de esa edad?	Vestimenta: ¿Qué ropa tiene puesta?		¿Por qué se viste así?
			Túnica	Otros	
1. Astrónomo	33	No sé	Sí		Porque pensaba que así tenía que verse un astrónomo.
2. Científica	32	" "	Sí		Porque pensé que una científica debe usar el uniforme.
3.					
4.					
5.					

TAREA

¿Qué está haciendo?	¿Qué instrumentos utiliza para la tarea?	¿Para qué, cómo o por qué los usa?
1. Estudia la luna y los estrellas.	Telescopio eléctrico	para registrar.
2. está leyendo una constelación de todo lo que hay ahí.	Microscopio	para observar las partículas de la luna.
3. (tiene una libreta)		
4.		
5.		

Si hay más de uno:

¿Trabajan juntos? Sí, son pareja. Se conocen estudiando.

¿Trabajan sobre lo mismo?

¿Se cuentan lo que hacen?

Otros: Están contentos y les gusta lo que hacen.

ESPACIO

¿Dónde está(n)?	¿Por qué están ahí?	¿Qué muebles u objetos hay?	¿Para qué sirven? ¿Qué guardan?
En su laboratorio en su casa.	Porque quieren hacer algo que otras personas no pueden hacer. Querían hacer un invento.	Huacha	Tiene otros instrumentos que al momento no está usando.

El teatro se abre y pueden ver las estrellas...

La observación de este dibujo nos hace pensar que hay dos científicos, un hombre y una mujer, trabajando independientemente, cada uno en su actividad, en dos disciplinas científicas diferentes.

Con la entrevista documentada en la planilla se pueden confirmar algunas de las observaciones que se desprenden de la mirada directa del dibujo, y descartar otras. Confirmamos que son dos personas, un hombre y una mujer, que trabajan en disciplinas científicas diferentes. Y descartamos que realicen actividades aisladas una de la otra; por el contrario, están coordinadas, aportando desde diferentes disciplinas, buscando respuesta a una misma inquietud.

La entrevista en el post-test

En este caso, la entrevista tuvo por objetivo indagar cuáles fueron las razones que determinaron, ante la misma consigna, la realización de modificaciones en dibujos que otros niños habían hecho en el pre-test. El grupo se dividió en equipos, a cada uno se le asignó un dibujo realizado por un niño o una niña de otra clase, junto a preguntas sobre las posibles sugerencias que le harían al autor. Luego, la maestra o las observadoras los entrevistaban para recoger sus ideas.

En ese momento se diferencian dos aspectos relevantes:

- La formulación de preguntas en la consigna pone a los niños a observar el dibujo de sus pares asumiendo una postura de análisis, y a elaborar sugerencias.
- El trabajo entre pares permite evidenciar el proceso de metacognición, dejando ver los cambios en sus concepciones sobre el científico y su modalidad de trabajo.

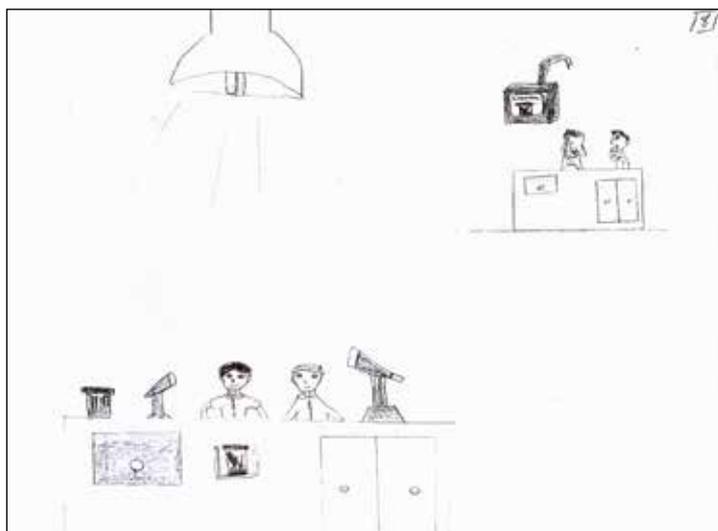
Al pensar en la globalidad de esta instancia, podemos ver los diferentes aspectos del trabajo de los científicos que los niños valoraron como relevantes al mejorar las producciones “pre-test”.

GRUPO 4



¿El dibujo responde a la consigna?	¿Por qué?	¿Qué agregarían?	¿Por qué?	¿Qué cambiarían?	¿Por qué?
Sí	Porque hay dos científicos y una científica	Otra computadora	Una no alcanza para los tres. Una laptop para cada uno.	No precisan los frascos	Porque trabajan con el telescopio y con la computadora. No guardan nada en frascos.
		Una biblioteca con libros sobre el espacio	Para estudiar. Para saber lo que hicieron otros.	Con respecto a los frascos, el resto del grupo plantea que pueden utilizarlos para guardar polvo de la luna o rocas, o también que se esté trabajando en cosas diferentes en el mismo espacio.	
		Una fotocopidora	Para fotocopiar cosas interesantes		

Nivel 5 años
Escuela N° 1 – Salto



5º grado –
Escuela N° 183 –
Montevideo

Dibujo N° 8 (G. y N.)

- Cuentenme...
- Nosotros le dimos edad, 31 y 38.
- ¿Por qué le pusieron esa edad?
- Porque nos pareció que tenían esa edad.
- ¿Qué más?
- ¿Qué hacían? Trabajaban en fórmulas.
- ¿Qué le agregarían?
- Un traje.
- ¿Por qué le agregarían un traje?
- Porque está de remera corta...
- ¿Y qué tipo de traje le agregarían?
- Un uniforme pero con manga larga para que se proteja.
- ¿Qué más le agregarían?
- Cambiaríamos un hombre por una mujer porque la mujer tiene más paciencia...
- ¿Y hace mejor el trabajo?
- Si.
- Y la mujer no se calienta si le sale mal...
- Y te parece que él se enojará si no le sale el experimento...
- No sé, pero los hombres son muy enojados...
- Opa! ... ¿Y acá dónde están trabajando?
- En un sótano, en un... laboratorio...
- ¿Quieren agregar algo más?
- No.

En este otro grupo de Quinto grado se articularon diferentes instrumentos: exposición del análisis realizado por el pequeño grupo a la clase; y elaboración, por parte de los compañeros, de preguntas a los expositores. Fue el resto del grupo el que entrevistó, profundizando y clarificando.



5° grado –
Escuela N° 4 –
Mercedes

CORRECCIÓN DEL DIBUJO

COMENZAMOS RECORDANDO Y OBSERVAMOS EL DIBUJO REPRESENTANDO LOS ELEMENTOS QUE SON NECESARIOS PARA LA CREACIÓN DE UN MATERIAL.

COMENZAMOS EL LUGAR DE TRABAJO ADICIONANDO ELEMENTOS DE TRABAJO COMO INSTRUMENTOS, FICHAS Y UN MATERIAL PARA QUE EN SU TRABAJO ESTE MÁS COMÚN CUANDO PODRÍA SER UN ÁREA MÁS COMÚN. PERO EN ALGUNOS CASOS QUE EL CIENTÍFICO TRABAJA SOLO Y EN OTROS LOS QUE SE LOS DIBUJOS EN UN LABORATORIO.

ESPERO DE QUE EN UN LA INVESTIGACIÓN SEA MÁS COMÚN Y NO UN LABORATORIO, PERO NO PARECE CORRECTO EN LOS TRABAJOS CON MATERIALES COMO MATERIALES QUE TIENEN EN CUENTA QUE EN LA OTRA DE TRABAJO NUESTRO MATERIAL Y QUE SE PUEDE TRABAJAR EN EL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN.

NO ESPERO SI LA PERSONA QUE ESTÁ EN EL DIBUJO ES CIENTÍFICO DEL GÉNERO MASCULINO COMO REPRESENTA (COMPARAR) NO SE ESPERA QUE LOS GÉNEROS PUEDAN TRABAJAR EN CONJUNTO Y SIN NINGÚN OBSTÁCULO PARA LA MISMA.

NO HAY NINGUNA OTRA REPRESENTACIÓN PARA LOS CIENTÍFICOS NINGÚN GÉNERO NI ÁREA DE TRABAJO.

Nosotros estamos en la misma situación que antes y terminamos la misma imagen de lo que era un científico y ahora pudimos después de investigar cambiar nuestra imagen.



Enriquecer la mirada sobre el DAST

A nuestro juicio, las entrevistas resultaron ser el dispositivo más fructífero para complementar el tradicional pedido del “dibuja un científico”. La riqueza de la propuesta se manifestó en el intercambio, la actitud del niño, su postura, la defensa de su trabajo; todo esto habilitó a las docentes a realizar las preguntas relevantes, es decir, las que apuntaban a obtener respuestas significativas para la investigación.

La conversación nos permitió acercarnos más ricamente a la representación realizada por los niños y niñas. Ellos, como “titulares” iniciales de sus representaciones, nos contaron qué había en ellas, cómo organizaron el espacio que usa su “científico”, qué materiales utilizaba, para qué y con qué finalidad. A partir de esta re-representación oral del dibujo, las interpretaciones y lecturas de las maestras cobraron más sentido y se complejizaron.

El diálogo entablado fue fundamental para identificar con mayor certeza la presencia o no de los indicadores que habíamos definido. Estos podían “traducirse” en una imagen más estereotipada o más deseable de científico, y acercarnos a inferir la concepción de ciencia implícita.

Al realizar las entrevistas, al solicitar los comentarios y aclaraciones de las producciones, logramos interpretar el dibujo en sí, en su globalidad, teniendo como parámetros de referencia los provistos por el sujeto que produjo ese dibujo.

Al ser nuestro objetivo acercarnos a las imágenes de científico y ciencia que tienen nuestros niños, nuestra preocupación fue buscar diferentes caminos para llegar a ellas. Para el logro de este fin, las entrevistas y las anotaciones sobre los dibujos resultaron eficientes, pues nos permitieron organizar datos, sistematizar observaciones y definir intervenciones futuras. ■

Pronto, listo y ya

Presentación de la investigación

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales

«Innovar, formar e investigar no son tres conceptos independientes, sino tres momentos de un mismo proceso hacia el cambio...»

S. de la Torre (2000)

Cuando comenzamos a pensar la posibilidad de iniciar una investigación educativa, sabíamos de las múltiples dificultades a las que nos enfrentábamos. Si bien veníamos estudiando sobre el campo de la naturaleza de la ciencia y su didáctica, pocas integrantes del equipo teníamos experiencia en investigación.

¿Cómo investigar lo educativo? Para Fernández Pérez, la metodología debe ser diferente ya que:

«...el hombre (incluidos profesores y alumnos) genera su comportamiento en la captación y producción permanente de significados, con lo que la pretendida objetividad de la observación de hechos reales no es más que la proyección fantástica de los propios fantasmas sobre los signos emitidos por los sujetos, signos cuya realidad antropológica más importante radica evidentemente en su significado real insustituible, no en la materialidad observable del signo, perfectamente sustituible por cualquier otro código que se convenga.» (Fernández Pérez, 1994:103)

En los fenómenos educativos interesa no lo que se observa, sino qué significado le da el sujeto a ese comportamiento, por lo tanto la metodología para investigar debe ser hermenéutica, interpretativa.

El Dr. Agustín Adúriz-Bravo, que venía trabajando con el equipo desde 2008, fue estructurando el proceso de la investigación simultáneamente a nuestro aprendizaje e incluyó, antes del aprender haciendo, la lectura de un marco teórico coherente al área de investigación didáctica seleccionada junto al análisis de investigaciones ya realizadas.

Debimos considerar nuestra concepción de ciencia; numerosa bibliografía muestra que la imagen que tiene la población se basa en los principios que sustentan una concepción tradicional al respecto. Sanmartí (2002) propone los siguientes:

- ▶ El conocimiento científico es neutral, y no está influenciado por las ideologías u otros factores sociales.
- ▶ La ciencia provee respuestas correctas sobre los fenómenos de la naturaleza; todo aquello que es aceptado como “científico” es verdadero, exacto e infalible.
- ▶ El conocimiento científico se ha descubierto a través de la experimentación. A partir de ella se generan las explicaciones o teorías, fruto de la racionalidad humana.

- ▶ Para escoger entre la interpretación correcta y la incorrecta de los fenómenos naturales, se necesita aplicar un razonamiento de tipo lógico en función de los datos objetivos recogidos.
- ▶ El conocimiento científico es un tipo de conocimiento superior a todos los demás, propio solo de las mentes más privilegiadas.

Reconocer que esta visión de ciencia es la que predomina en nuestras aulas, en nuestros alumnos y en nosotras, fue el punto de partida para reflexionar sobre el diseño de prácticas de aula más adecuadas y que propiciasen una real “alfabetización científica”. Como expresa Pujol (2003), el problema de fondo no es nuestra falta de especialización en la cultura científica, sino el modelo de ciencia que poseemos, ya que corremos el riesgo de seguir reproduciéndolo en nuestras clases, si no realizamos cambios.

Largo fue el camino de nuestra reflexión sobre la naturaleza de las ciencias, «conjunto de ideas metacientíficas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales» (Adúriz-Bravo, 2005b). Comprendimos que la alfabetización científico-tecnológica involucra, además de saber ciencias, saber sobre las ciencias: ¿qué son?, ¿cómo se elaboran?, ¿qué características las diferencian de otras producciones humanas?, ¿cómo cambian en el tiempo?, ¿cómo influyen y son influenciadas por la sociedad y la cultura? Elaboramos el marco de una ciencia que supone que hay criterios de validez evolutivos, consensuados; que no tiene la verdad sobre el mundo real, sino modos potentes y rigurosos de intervenir sobre él con el pensamiento, el discurso y la acción.

Por eso consideramos imprescindible introducir en la enseñanza, la naturaleza de la ciencia, particularmente ciertas ideas epistemológicas sobre qué es la ciencia y cómo se elabora, ambientadas con historias que muestran los cambios que han tenido los conocimientos científicos; y enmarcadas en la sociología de las ciencias que señala los vínculos de las ciencias con la sociedad. Con este planteo, el alumno debería lograr a través de sus años de escolaridad, una imagen crítica sobre el funcionamiento de la ciencia, sus alcances y limitaciones dentro de una concepción «moderadamente realista y racionalista» (Adúriz-Bravo, 2005b).

Entender la génesis de la ciencia como un proceso largo y complejo, de construcción de teorías y modelos explicativos en relación con los fenómenos naturales, es una de las metas que la educación debe afrontar.

«...sabiendo naturaleza de la ciencia podemos generar una imagen de ciencia que se aleje de dos “ingenuidades” igualmente peligrosas: rechazarla frontalmente como una superchería que da origen a todos los males de la humanidad (...) o admirarla acriticamente como un conjunto de verdades “sagradas” impuestas por la tecnocracia (...)» (Adúriz-Bravo, 2005a)

En consecuencia, la toma de decisiones sobre nuestras prácticas de aula debía sustentarse en «el conocimiento de la estructura de la disciplina, los conceptos clave que la constituyen, los problemas relevantes que plantea, los métodos de investigación que utiliza, el origen y el proceso de construcción» (Dibarboure, 2009).



Lineamientos generales

La propuesta era investigar un aspecto vinculado con la enseñanza de la ciencia, pero dentro de la temática sobre la naturaleza de la ciencia. Optamos por una de las líneas básicas:

- ▶ ***Explorar las concepciones que tienen los niños sobre la imagen del científico y su contexto de trabajo a través de la representación gráfica que realizan.***

Pero la finalidad no era solo diagnosticar esas conceptualizaciones, sino fundamentalmente planificar un conjunto de actividades con el fin de mejorar lo indagado. Decidimos asumir la responsabilidad que tiene la escuela de formar una adecuada imagen de ciencia en el marco de la alfabetización científica.

Desde esta perspectiva, nuestro trabajo se enmarcó en lo que es considerado como una *investigación con intervención*.

Objetivos

- ▶ Indagar sobre la imagen del científico que tienen niños escolares uruguayos de distintos niveles de escolarización y de diferentes lugares del país.
- ▶ Explorar la imagen que dichos niños tienen respecto al contexto de producción de conocimiento de los científicos.
- ▶ Realizar una serie de intervenciones didácticas con la intención de modificar las ideas de los alumnos sobre la ciencia y los científicos.
- ▶ Analizar si se produjeron cambios en dichas concepciones, luego de la secuencia de actividades.

La muestra: criterios y justificaciones

Para elegir la población a investigar consideramos diferentes criterios:

- ▶ Alumnos de escuelas urbanas y con diferente categorización.
- ▶ Escuelas de distintas regiones del país.
- ▶ Muestra representativa de los tres niveles de la escolaridad.
- ▶ Maestro de aula que fuese integrante del Equipo de Investigación.

Descartamos incluir alumnos de escuelas rurales, porque queríamos investigar en grados.

Luego de analizar los departamentos, categorías de escuelas y clases atendidas por las maestras de aula del equipo así como sus posibilidades de realizar la investigación, definimos la población muestra.

La misma quedó integrada por cinco grupos –uno de Nivel Inicial, uno de Segundo y tres de Quinto– totalizando 121 alumnos, pertenecientes a cinco escuelas urbanas ubicadas en cuatro departamentos.

Nivel 5 años



Salto
Escuela N° 1 “José Gervasio Artigas”
Maestra Marlene Achigar
Número de alumnos: 21

La escuela está ubicada en el centro de la capital departamental; es una institución de tiempo completo, los niños permanecen siete horas y media en ella.

Segundo grado



Montevideo
Escuela N° 153 “Benjamín Franklin”
Maestra Ana Leticia Baccino
Número de alumnos: 26

La escuela está ubicada en el barrio Toledo Chico, cercana al límite departamental de la capital del país; también es una institución de tiempo completo, pero categorizada como de Contexto Sociocultural Crítico.

Quinto grado

Seleccionamos tres escuelas, con un total de 74 alumnos en el grado.



Canelones
Escuela N° 179
Maestra Ana Laura García

Se trata de una escuela común ubicada en Monterrey, Paso Carrasco, en la Ciudad de la Costa, dentro del Área Metropolitana. Atiende un alumnado de bajos recursos económicos y con características sociales muy peculiares.



Montevideo
Escuela N° 183
Maestra Miriam Márquez

Escuela de Tiempo Completo, ubicada en Carrasco Norte, pero con alumnado de asentamientos.



Soriano
Escuela N° 4 “Artigas”
Maestra Patricia Perazza

Escuela de Práctica, ubicada en el centro de Mercedes, capital departamental.

La estructura de la investigación

Organizamos el piloto en tres momentos:



Pre-test

Cada niño debía realizar un dibujo a partir de lo que establecía una consigna oral dada por su maestra, y común a todos.

Intervenciones

A los dos o tres días comenzaría la aplicación de situaciones de enseñanza, que posibilitasen a los niños ir construyendo otra imagen de ciencia. Se planificó una serie de siete actividades a realizar consecutivamente, con una frecuencia de dos por semana.

De acuerdo a lo que piensan los niños sobre la ciencia y los científicos, y apuntando a un cambio en esa concepción, se delinearon las intervenciones considerando tres grandes interrogantes:

- ▶ ¿Quiénes trabajan en ciencias? Cuestión de género
- ▶ ¿Cómo se construye el conocimiento científico? Metodologías, elaboración de modelos
- ▶ ¿Qué relaciones establece la ciencia? Ciencia, tecnología y sociedad

Desde esta perspectiva, lo importante fue elaborar actividades que permitiesen promover la reflexión, contrastar, confrontar, plantear preguntas significativas e intentar buscar posibles respuestas.

Post-test

Se organiza la clase en pequeños grupos, se les entrega la consigna y el dibujo del pre-test realizado por otro niño, para que sea “corregido”. Se les pide que eliminen los elementos que consideren que no corresponden, que agreguen los que faltan y fundamenten los cambios introducidos para adecuar el dibujo a la consigna.



Primeras reflexiones

A pesar de las dificultades de enfrentarnos por primera vez a una investigación; de las diferentes procedencias geográficas de los integrantes del grupo; de la falta de tiempo que interfirió en la comunicación, impidiendo que fuese todo lo fluida que se necesitaba; de lo numeroso del grupo que, si bien posibilitó una diversidad de experiencias, no habilitaba un intercambio continuo en el que todos pudiésemos exponer nuestros puntos de vista y escuchar los de los otros; podemos afirmar que las ventajas fueron más.

El trabajo encarado y realizado en el equipo de investigación posibilitó:

- ▶ Aprender a investigar, investigando, acompañados por alguien que sabe, y mucho, no solamente sobre investigación educativa en el marco de la naturaleza de la ciencia, sino acerca de integrarla a la formación docente.
- ▶ Revalorizar el intercambio, el análisis y la reflexión de las prácticas, el poder pensar y trabajar con otros.
- ▶ Discutir distintos puntos de vista, diferentes experiencias, y llegar a consensos.
- ▶ Indagar las concepciones de nuestros alumnos con respecto a la ciencia.
- ▶ Introducir en las actividades escolares, la epistemología de la ciencia. ■

Científico loco, ¿estás ahí?

Cómo analizar la imagen de científico representada

Marlene Achigar | Ma. del Rosario Bertolotto | Selva de Paula | Ma. Cristina Borges | Perla Torres

«Los objetos del mundo natural se constituyen en virtud de la representación, en vez de ser algo preexistente a nuestros esfuerzos por ‘descubrirlos’.»

S. Woolgar (1991:127)

Previo al análisis de los dibujos, acordamos que la imagen de científico está constituida por un conjunto de atributos que caracterizan su apariencia, su carácter y su trabajo. En sus dibujos, los niños y niñas muestran representaciones de científico, en las cuales seleccionan y categorizan información que evidencia el conocimiento construido en determinado contexto social. Esta fue una de las concepciones marco con las que estructuramos el trabajo.

El análisis de los dibujos se puede hacer, por tanto, en función de estos atributos mencionados. Los más importantes se desarrollan en las secciones que siguen.

¿Es o no un científico?

Nuestra primera tarea consistió en definir si la figura representada era o no un científico natural retratado en su actividad profesional. Para ello, nos fijamos en cuestiones tales como: su área de investigación, las tareas que realiza y las formas en que las lleva a cabo, los instrumentos que usa, el espacio en el que desarrolla su actividad.

Realizamos el análisis en el equipo de investigación, teniendo en cuenta diferentes miradas. Lo hicimos a partir del dibujo, enriqueciendo la lectura con la información que los distintos dispositivos usados, fundamentalmente las entrevistas y los registros de las observadoras, nos proporcionaban.

Encontramos, al menos, cinco diferentes niveles de representación; se trató de decidir entonces cuáles calificarían como “científicos naturales” y cuáles no.

Los niños y niñas como científicos



Sofía – Nivel 5 años

“Soy yo con una lupa mirando cuántos bichitos hay. Moscas entre las plantas, arbusto y en el pasto.”



Florencia – 5° grado

"Hojas de amor con alcohol (antes)

–¿Cómo quedarán las hojas sin clorofila?

–¿Qué raro que se pregunte esto?

–Obvio que si ponés la hoja y alcohol en un bol la hoja va a quedar sin color."

Los cambios en la consigna no hicieron variar el representarse a sí mismos como científicos, especialmente en el Nivel 5 años, ni las claras referencias al trabajo escolar en Ciencias Naturales.

Profesionales (tecnólogos) como científicos



Tamara – 5° grado

"La veterinaria está revisando al perro."

Aquí encontramos profesiones de carácter tecnológico, fuertemente apoyadas en conocimiento científico, tales como: médicos, ingenieros, veterinarios, farmacéuticos, bioquímicos, agrónomos.

Detectives y policías



Belén – 2° grado



Nahuel – 5° grado

"–Dejala y vuelve a la cárcel.

–Un paso y la mato

–¡AAAAA!

Un loco que se escapó de la cárcel y lo tienen que atrapar."



Valentín – 2º grado

En esta categoría aparecen como “científicos”, diversos personajes cuya actividad se caracteriza por la indagación, pesquisa, investigación detectivesca, etc.

La referencia al científico como detective o como policía se dio fundamentalmente en Segundo grado y solamente cuando la consigna incluía la expresión “investigación científica”; es el uso de la palabra investigación el que da lugar al “deslizamiento” de sentido hacia estas otras profesiones y actividades.

Al cambiar la consigna en la investigación, no recogimos esa forma de representación en el pre-test; sin embargo, cuando se les pregunta: *¿qué está haciendo el científico?*, la mayoría responde: *investigando*.

¿Por qué esa diferencia? ¿Será simplemente influencia de seriales policiales y películas? ¿Otros posibles factores? No teníamos información –sobre el trabajo del padre o alguna situación puntual del contexto– para cruzar.

El científico como inventor



Abril – 2º grado

En esta categoría, los dibujos y las explicaciones que los niños compartían mostraban personajes que creaban instrumentos, máquinas, entre otros elementos, que generalmente usaban para fabricar, transformar o para realizar actividades que ellos como humanos no podían.

El científico propiamente dicho



Mateo – 2º grado

Esta diversidad de “científicos” requirió indagar, particularmente en las entrevistas del Primer Nivel, no solo qué estaba haciendo el científico, sino también qué entendían ellos por científico.



Juan Manuel – Nivel 5 años

“Son dos niñas y tres hombres. Todos con traje blanco de científicos. Investigan con la lupa, una mariposa, una mariposa, los árboles. Para atraparlas y cuidarlas, para aprender e investigar más, porque los científicos deben aprender.

–¿Qué son los científicos?

–Son investigadores.

–¿Qué investigan?

–Cualquier cosa.

–¿Para qué?

–Para aprender todo.”

Este diálogo ejemplifica la complejidad del análisis que enfrentábamos. Por un lado aparece la idea del científico con túnica blanca y el investigar; por otro, los instrumentos y las temáticas son claramente escolares. Por último, la finalidad “aprender todo”, ¿en cuál de los dos planos debíamos considerarla?

Las dudas muchas veces persistían. A la interna del equipo nos preguntábamos: ¿Cuál es el sentido que le dan los niños de 5 años a la palabra “científico”? ¿Tenemos indicios reales de la formación de esa imagen? ¿Qué conocen del trabajo que realizan los científicos? ¿Sus dibujos muestran realmente lo que queremos investigar?

Decidimos:

- ▶ descartar los dibujos de
 - detectives, policías y forenses,
 - “inventores” al centrarse en los “artefactos” tecnológicos;
- ▶ validar los dibujos con
 - figuras muy jóvenes, aún infantiles, con temáticas escolares, siempre que no se considerasen a ellos mismos como los científicos,
 - profesionales, si estaban realizando tareas de investigación, produciendo conocimiento.

¿Cómo analizar su imagen?

Una vez definidos los dibujos que consideramos representaban a científicos, ¿qué debíamos mirar para encontrar su imagen?, ¿cuáles eran los atributos a considerar?, ¿qué nos decían esos dibujos?

Organizamos nuestro análisis en tres grandes ejes:

- ▶ *Su apariencia*: sexo, edad, etnia, vestimenta...
- ▶ *Su carácter*: expresiones, gestos, actitudes...
- ▶ *Su trabajo*: tarea que realiza, forma en que la realiza, instrumentos que utiliza, lugar de trabajo.

Nuestro objetivo no era solamente establecer si se manifestaba el estereotipo de científico –al decir de Adúriz-Bravo (2008b), «varón de mediana edad, blanco, de clase media a media alta, calvo o despeinado, con anteojos gruesos, bata blanca y rasgos de despistado o de un sujeto de mal carácter o de alguien que vive alejado del mundo terrenal»–, sino también conocer la imagen de científico de los niños y niñas de la muestra, y en qué medida se acercaba a una imagen de científico y de ciencia actual. Por eso, a partir de algunos indicadores utilizados por Chambers (1983) y por investigadores posteriores, definimos los atributos a buscar y nuestras categorías deseables.

La apariencia física

Los atributos que seleccionamos sobre su apariencia fueron:

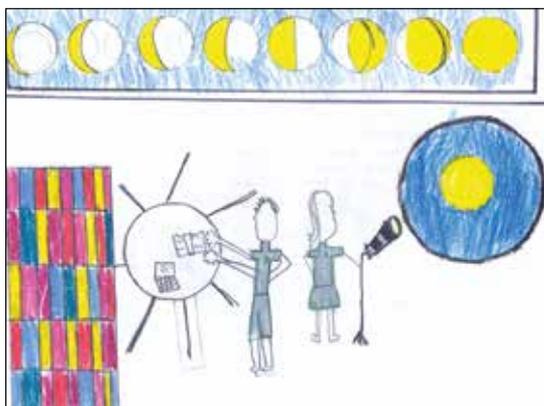
	IMAGEN ESTEREOTIPADA	IMAGEN DESEABLE
SEXO	Hombre	Mujeres, o mujeres y hombres
EDAD	Adulto mayor	Entre 30 y 50 años
ETNIA	Blanco	Incluye diversidad de etnias
CABELLO Y PELO FACIAL	Calvo o con cabello parado Patillas, barba	Cabello normal sin pelo facial
LENTES	Con lentes	Sin lentes
VESTIMENTA	Túnica blanca	Vestimenta acorde al lugar y tipo de trabajo

Este dibujo presenta cinco de los seis indicadores de imagen estereotipada: es un hombre, blanco, adulto, con túnica y cabello abundante, algo desprolijo.



Franco – 2° grado

Por su parte, el dibujo siguiente reúne cinco de los seis indicadores de imagen deseable en cuanto a la apariencia: incluye hombre y mujer, de edad mediana, con cabello normal, sin lentes y con vestimenta adecuada al tipo de trabajo.



Micaela – 5° grado

Analicemos cada uno de los atributos referidos a la apariencia del científico.

Su sexo

En los dibujos apreciamos que en el Nivel Inicial 5 años y Segundo grado, las representaciones de la mujer científica o el trabajo conjunto de científicos de ambos géneros es muy frecuente, 52% y 44% respectivamente. Las científicas generalmente son personificadas como figuras muy jóvenes, con cabello largo, cuidadosamente peinadas, prolijas, en ambientes limpios y ordenados.



Melanie – 2º grado



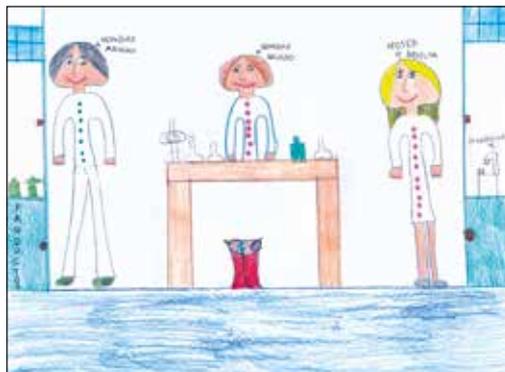
Nahuel – Nivel Inicial

Mayoritariamente son las niñas las que representan las figuras femeninas, pero algunas se aprecian en dibujos de varones.



Facundo – Nivel Inicial

Lo mismo sucede en los dibujos de Quinto grado, pero en un porcentaje notoriamente menor. La imagen deseable disminuye a medida que avanzan en la escolaridad.



María Pía – 5º grado

Su edad



Agustina – Nivel 5 años

En general, y especialmente en el Nivel Inicial, el dibujo no muestra elementos que puedan darnos pistas de la edad. Agustina dibuja cinco científicas y un científico; en la entrevista dice que las mujeres tienen entre 26 y 62 años, mientras que el científico tiene 70 años porque es el jefe.

La mayoría de los niños de Inicial consideran que los científicos son personas jóvenes o muy jóvenes, menores de 30 años, pero ante la pregunta de por qué creen que tienen esa edad, las respuestas no demuestran coherencia, pues en este nivel las nociones temporales están en proceso de integración. Una persona de 12 años “es adulta porque va al liceo”.



Facundo – 5° grado

En el Tercer Nivel resulta más clara la franja etaria, aunque siempre fue necesario corroborarla en la entrevista. Surge con más frecuencia el científico de edad madura pero, en su mayoría, las personas dibujadas están en la franja de edades señalada como imagen deseable.

Su etnia

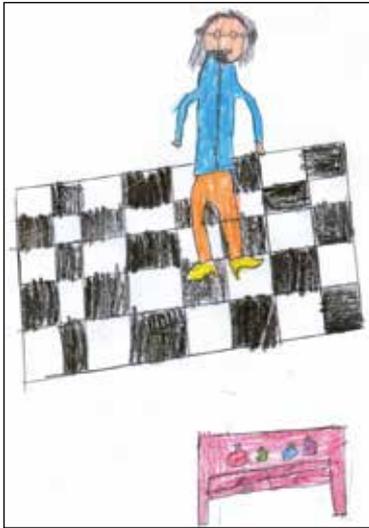
Un único dibujo, entre los casi setecientos, muestra científicos que no son blancos.



Bruno – 5° grado

Su cabello y vello facial

En la mayoría de los dibujos de Nivel 5 años y de Segundo grado, los científicos tienen un peinado común, ninguno presenta patillas; solo uno tiene bigotes y otro barba.



Santiago – 2º grado



Lucas – Nivel 5 años
"Es viejo, usa bigotes."

El pelo "loco" se ve con más frecuencia en las ilustraciones de los niños de Quinto grado. Las figuras despeinadas son generalmente masculinas; no obstante, el pelo "loco" lo encontramos también en algunas científicas.



Micaela – 5º grado



Gastón – 2º grado



Luciano – Nivel 5 años - "Tiene pelo verde."

De cualquier forma, la túnica es el indicador que aparece más tempranamente y con mayor frecuencia en los dibujos de los niños; se relaciona con el trabajo sucio y, por lo tanto, al conocimiento empírico, a la experimentación. Le siguen en frecuencia los equipos para investigar: pantalones aislantes, zapatos de seguridad... en general planteados coherentemente.



Martín – Nivel 5 años
 “Está investigando las arañas. Usa un traje antiarañas.”



En algunos dibujos, muy pocos, la figura masculina aparece con sombrero, independientemente de estar dentro de una habitación o en el exterior. Lamentablemente, en ninguno de los casos se preguntó la razón de esa indumentaria. ¿Símbolo de edad adulta? ¿Contaminación con la figura del detective?

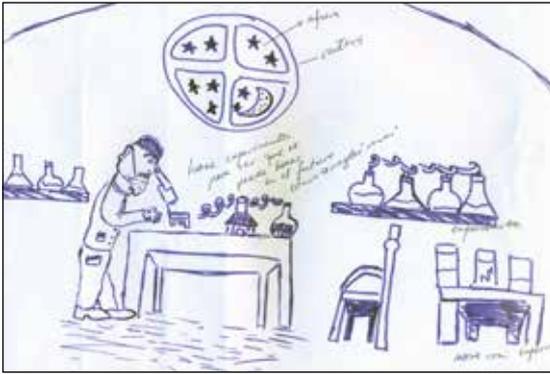
María Cecilia – 5° grado

La forma de ser y actuar

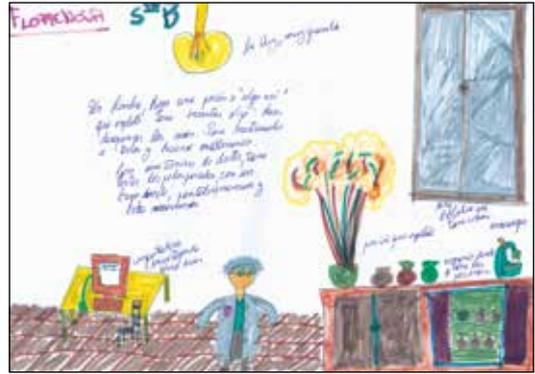
La casi totalidad de los dibujos nos muestran científicos sonrientes, de aspecto corriente, interesados en su trabajo, sin expresiones extremas como despistado o diabólico. Esta imagen se denomina usualmente “romántica”; corresponde a la idea muy difundida de que los científicos y científicas son altruistas y buscan el bien común.

	IMAGEN ESTEREOTIPADA	IMAGEN DESEABLE
RASGOS DE PERSONALIDAD	despistada	concentrada o despistado, normal
	diabólica	con buen o mal carácter, normal
DIMENSIÓN ÉTICA	benefactor de la humanidad	“humano”
	causante de grandes catástrofes	

Ni los dibujos ni la información brindada por las entrevistas nos permitieron identificar figuras despistadas; sí aparecieron científicos concentrados en su tarea, a veces trabajando de noche, pero nada nos indicaba que fuesen sujetos aislados del mundo.

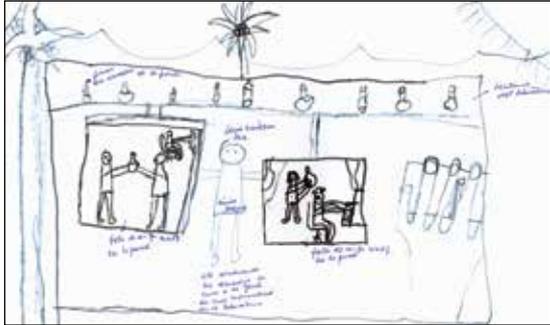


Maximiliano – 5º grado
"Hace experimentos para ver qué se puede hacer en el futuro, cómo arreglar 'cosas'."



Florencia – 5º grado
"Un hombre hizo una poción que explotó. Para inventar algo: hacer desaparecer cosas. Para mostrárselo a todos y hacerse millonario."

Los únicos indicios de una concepción de científico como un hombre común, con familia y vida social son estos dos dibujos:



Matías – 2º grado
"Fotos de amigos científicos."



Fiorella – 5º grado
"Científico y sus dos hijos."

No encontramos un científico más humanizado en su labor, no aparecen ni comentan sobre fracasos, contradicciones, competencias, problemas en el trabajo...

Sí manifiestan la idea del científico como alguien muy inteligente, un genio.



Sebastián – 5º grado
"Hace experimentos para ser más genio."

El trabajo

«...está rodeado de equipamiento: tubos, mecheros, matraces y botellas, una jungla de tubos y raras máquinas con discos... escribe cuidadosamente en una libreta negra... Un día se puede levantar y gritar "¡Lo encontré! ¡Lo encontré!"... Gracias a su trabajo, la gente puede tener nuevos y mejores productos... él tiene los más peligrosos secretos... su trabajo puede ser peligroso... siempre está leyendo un libro.» (Mead y Métraux, 1957:386-387; citadas por Chambers, 1983).

Para analizar este eje, establecimos diferentes categorías y sus respectivos indicadores dentro de las dos imágenes:

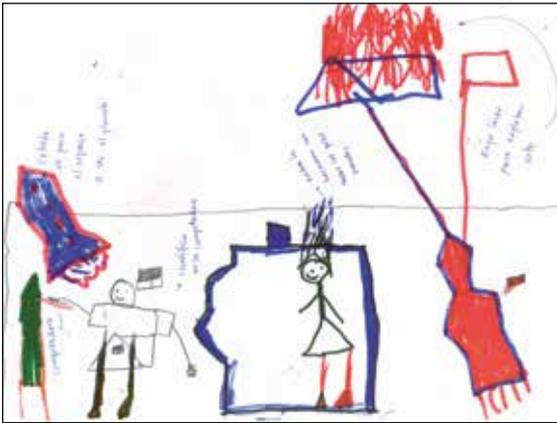
	IMAGEN ESTEREOTIPADA	IMAGEN DESEABLE
FORMA DE TRABAJO	En solitario. Actividad individual, independiente.	Integrando equipo de trabajo. Pertenece a la comunidad científica.
ASPECTO VINCULAR	Relación de dependencia, jerárquica.	Colaboración. Complementariedad.
CAMPO DE INVESTIGACIÓN	Biología, Química, Medicina.	Otras áreas del conocimiento.
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio.	Espacios ajenos al laboratorio, tanto diferentes escenarios de trabajo de campo como ámbitos de reunión y discusión, o de investigación como bibliotecas. Grandes instalaciones.
METODOLOGÍA	Sigue pasos rígidos del método científico.	Variadas metodologías.
ACTIVIDAD CENTRAL	Observación. Experimentación. Descubrimiento.	Modelización. Argumentación.
INSTRUMENTOS Y MATERIALES	Equipamiento propio de la Química y la Biología. Libros, archivadores.	Computadoras. Instrumental acorde a la temática.

Su forma de trabajo

Consideramos como deseable la presencia de dos o más científicos y científicas, que se comunican entre ellos, con vínculos de colaboración en el trabajo (a diferencia de la imagen social del científico trabajando aislado, en solitario).

Si bien varios dibujos muestran a más de un científico, el número de personas por sí solo no implica una relación colaborativa. Para profundizar en este aspecto, en la entrevista realizada al niño se incluyen preguntas relativas a la relación laboral existente entre los científicos que ha dibujado.

Al analizar los datos emergentes de las entrevistas, no todas las personas que trabajan en una investigación científica lo hacen en un grado de igualdad; aparece la dependencia laboral o incluso familiar, generalmente asociada a las mujeres que realizan las tareas junto a los hombres.

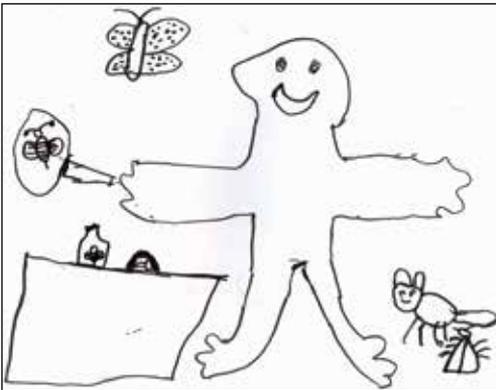


Ana – Nivel 5 años
 “–¿Cuál es el trabajo de la mujer?
 –Es la hermana.”

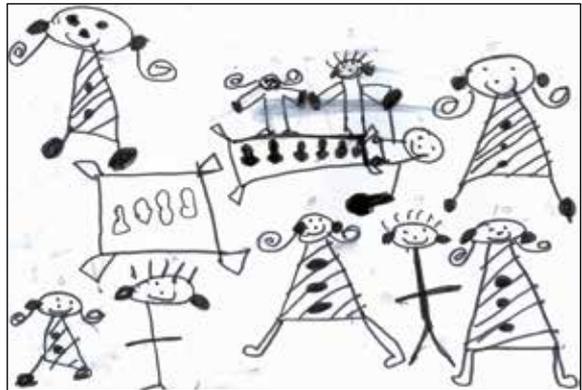
Su campo de investigación

Las representaciones demuestran que los niños conocen diferentes campos de actividad científica, ya que dibujan en los distintos grados: biólogos, químicos, astrónomos, geólogos, arqueólogos, paleontólogos entre otros. Por supuesto predomina la Biología, cuya presencia es más fuerte en las aulas, y la Química.

Los científicos salvadores de la humanidad (creadores de vacunas o medicinas “milagrosas”) también aparecen en menor grado.



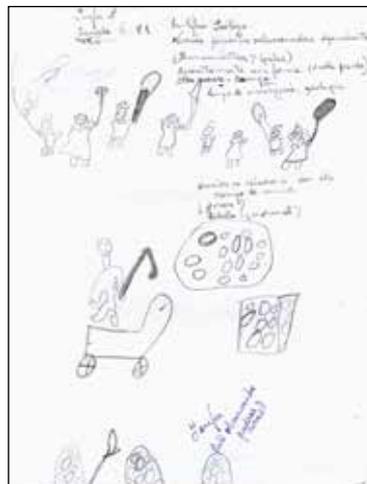
Ezequiel – Nivel 5 años



Danna – Nivel 5 años
 “Hacen remedios. Usan tarros con microbios y agua.”



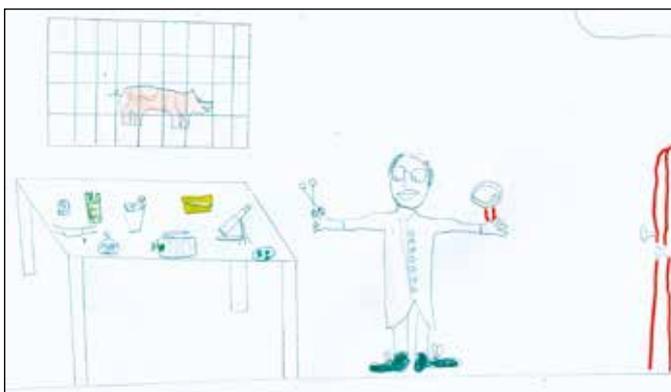
Sebastián – 5º grado



Yenifer –
 2º grado
 “Están en el campo observando piedras y rocas.”

Su lugar de trabajo

Predominan los lugares cerrados, en particular el laboratorio, tanto para actividades químicas como biológicas; aparecen también observatorios astronómicos. Sin embargo, y particularmente en Inicial, los “científicos” están al aire libre o en espacios no caracterizados.



Joaquín – 5° grado



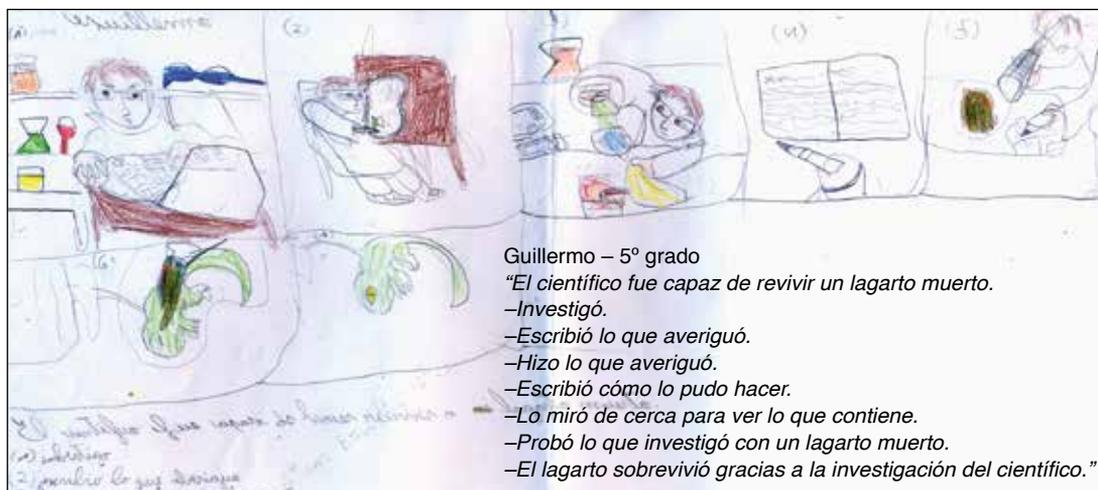
Agustina – 5° grado



Julieta – Nivel 5 años

Su manera de trabajar

La metodología utilizada se manifiesta en muy pocos casos y, cuando aparece, da cuenta de rígidos pasos.

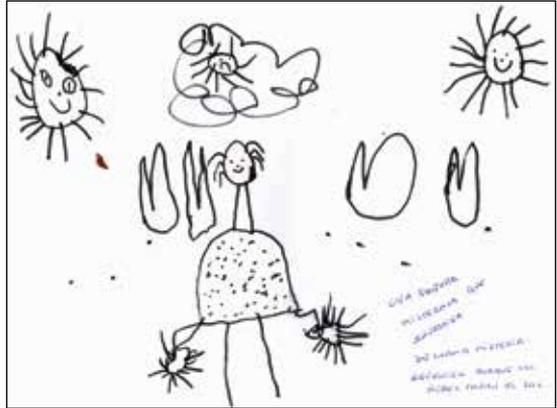


En general, ante la pregunta: ¿qué está haciendo?, la respuesta es: “investigando”, sin más especificaciones. Pero si se analizan los detalles dibujados alrededor del científico, su instrumental, se puede inferir que dicha “investigación” se realiza observando (lupas, microscopios, telescopios) o a través de experimentos más bien tradicionales, de carácter marcadamente escolar (tubos de ensayo, matraces, líquidos de colores, animales).

También pudimos identificar la pregunta, el dato discordante, como causante de la investigación.



Agustina – 5° grado
“¡Uau! ¡Qué raro!”



Manuel – Nivel 5 años
“Investiga por qué las nubes tapan el sol.”

En un número importante de dibujos aparecen computadoras. Cuando se les pregunta qué hacen los científicos con ellas, dicen que buscan información, investigan. Si bien forma parte de una imagen deseable, consideramos que les asignan el mismo uso que ellos les dan a las XO en el aula, lo que resulta bastante alejado de la búsqueda de antecedentes o de otras investigaciones, del intercambio de información con colegas, del trabajo de cálculo o modelización, entre tantas otras actividades que realizan los científicos con computadoras.



Valentín – 2° grado
“Investigan, experimentan sobre la fiebre (virus) con botellitas y con computadoras para buscar información.”

Quizás sea en este eje, en el que encontramos menos indicadores de la imagen deseable. Por ejemplo, el único indicio de uso de modelos queda limitado al conocimiento escolar, y quizás a la respuesta de Denis que aparece a continuación.



Mateo – 5º grado



Denis – Nivel 5 años
 “¿Qué hacen los científicos?
 Piensan.”

En el entorno del laboratorio aparecen, en algunas representaciones, textos breves, a veces explicativos del trabajo que se está realizando, o expresiones de asombro o alegría por los descubrimientos realizados. Esas escrituras relacionadas directamente con la tarea del científico se encuentran en porcentaje muy escaso, y en dibujos de Quinto grado generalmente.



Yamila – 5º grado

Propuesta de trabajo

Use la siguiente tabla para analizar la imagen de científico que dibujó al comienzo de este libro. Asigne un punto a la presencia de cada indicador de imagen estereotipada o de imagen deseable que encuentre.

	IMAGEN ESTEREOTIPADA		IMAGEN DESEABLE	
SEXO	Hombre.		Mujeres, o mujeres y hombres.	
EDAD	Adulto mayor.		Entre 30 y 50 años.	
ETNIA	Blanco.		Diferentes etnias.	
CABELLO Y PELO FACIAL	Calvo o con cabello parado. Patillas, barba.		Cabello normal, sin pelo facial.	
LENTES	Con lentes.		Sin lentes.	
VESTIMENTA	Túnica blanca.		Vestimenta acorde al lugar y tipo de trabajo.	
RASGOS DE PERSONALIDAD	Despistada.		Concentrada o despistada, normal.	
	Diabólica.		Con buen o mal carácter, normal.	
DIMENSIÓN ÉTICA	Benefactor de la humanidad.		"Humano".	
	Causante de grandes catástrofes.			
FORMA DE TRABAJO	En solitario.		Integrando equipo de trabajo. Perteneciente a la comunidad científica.	
	Actividad individual, independiente.			
ASPECTO VINCULAR	Relación de dependencia.		Colaboración.	
			Complementariedad.	
CAMPO DE INVESTIGACIÓN	Biología, Química, Medicina.		Otras áreas del conocimiento,	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio.		Espacios ajenos al laboratorio, tanto diferentes escenarios de trabajo de campo, como ámbitos de reunión y discusión, o de investigación como bibliotecas.	
METODOLOGÍA	Sigue pasos rígidos del método científico.		Variadas metodologías.	
ACTIVIDAD CENTRAL	Observación.		Modelización.	
	Experimentación.		Argumentación.	
	Descubrimiento.			
INSTRUMENTOS Y MATERIALES	Equipamiento propio de la Química y la Biología.		Computadoras.	
	Libros, archivadores.		Instrumental acorde a la temática.	

TOTAL \longrightarrow \longrightarrow

Su imagen de científico es predominantemente

¿En qué aspectos es marcadamente estereotipada?

¿Qué aspectos deseables incluyó?.....

Y... ¿qué ciencia representan?

Cómo analizarla en los dibujos

Marlene Achigar | Selva de Paula

«La ciencia no es solo una colección de leyes, un catálogo de hechos sin mutua relación. Es una creación del espíritu humano con sus ideas y conceptos libremente inventados.»

A. Einstein (1974)

Antes de referirnos a las características de la ciencia que emergen de los dibujos de los niños, deberíamos recordar que el adulto de la sociedad de hoy, incluyendo a los docentes, ha sido formado bajo el paradigma de una ciencia empirista, inductivista, que consideraba que *«...el conocimiento era producto de una observación objetiva de los hechos y fenómenos, y que la percepción inducía a la producción de conocimiento. Y algo más, la idea de que el conocimiento científico es conocimiento probado»* (Dibarboure, 2009).

Este paradigma persiste fuertemente, influenciando el pensar y el hacer en lo que respecta a la ciencia; no hay una mirada “inocente”, sino teñida por la matriz que nos ha formado. Esto se percibe en películas, publicidades, dibujos animados, que refuerzan el estereotipo tanto en adultos como en niños.

En 1980, Gardner sugiere que los modelos culturales a que están expuestos los niños pueden contribuir significativamente a su esquema mental, y estas influencias pueden ser exhibidas en los dibujos a partir de los esquemas. Para Gardner, estos modelos derivan de una multitud de fuentes, entre ellas las que mencionamos anteriormente, y además de lo que denomina prácticas educativas “ingenuas” que inducen a concepciones estereotipadas sobre la ciencia y los científicos.

«El hecho de que los científicos, que conocen muy bien su ámbito de trabajo, también hagan este tipo de dibujos soporta nuestra tesis de que la visión deformada del científico es un epifenómeno de la imagen de la ciencia. Ellos muestran, aun sin quererlo, que la ciencia es una empresa individualista, masculina, elitista, separada del contexto de producción y socialmente neutra», afirma Adúriz-Bravo (2008b), *«y la presentan como un tema para adultos, o sea, que no sería una cuestión por la que los niños o los jóvenes deban preocuparse...».*



Dibujos realizados por biólogos

¿Cómo piensan la ciencia?

Nuevamente nos interesaba investigar qué imagen de ciencia estaban elaborando los niños, conocer ese imaginario implícito leyendo lo explicitado en su dibujo, y no solamente saber si representaban la concepción estereotipada de ciencia y en qué momento de la escolaridad se manifestaba.

Por eso acordamos caracterizar la concepción estereotipada de ciencia y la concepción que llamamos adecuada. Nos basamos en artículos de Marín y otras (2011), de Fernández y otros (2005), y en la concepción de Adúriz-Bravo (2011a): «*La ciencia es una actividad profundamente humana que pretende dar soluciones inventivas y provisionales a un cierto tipo de inquietudes sobre el mundo; las preguntas y las respuestas propuestas están guiadas por finalidades y valores y permiten intervenir activamente sobre la realidad a gran escala*», expuesta en el 1^{er} Foro sobre Ciencia y Escuela: “*Buscando coherencias entre contextos*”.

Consideramos cinco ejes: quiénes realizan ciencia, en qué contexto, cómo elaboran el conocimiento (la ciencia como proceso), qué características tiene ese conocimiento (la ciencia como producto) y cuál es la finalidad del hacer de la ciencia. Analizamos cómo se manifiesta cada uno de esos ejes en una u otra imagen. Elaboramos la siguiente tabla:

	IMAGEN ESTEREOTIPADA	IMAGEN ADECUADA
TAREA	Individual.	Colectiva.
	Masculina.	Humana.
	Para mentes brillantes.	
CONTEXTO	Descontextualizada, separada del contexto de producción, independiente de la sociedad, neutra.	Contextualizada. Inmersa en la sociedad, manteniendo complejas relaciones.
ELABORACIÓN DEL CONOCIMIENTO	A partir de datos empíricos.	Crea modelos explicativos, la teoría da sentido a los datos.
	En forma inductiva.	Por variadas metodologías.
	Siguiendo un método riguroso.	
PRODUCTO	Verdadero, acabado, acumulativo, no problemático.	Son respuestas tentativas, abiertas, falibles.
	Parcializado.	Coherente globalmente.
FINALIDAD	Ciencia catastrófica o salvadora de la humanidad.	Como respuesta a problemas de la realidad.

¿Qué elementos en los dibujos o qué información de la entrevista nos permitían “leer” la imagen implícita de ciencia? Después de varios análisis encontramos algunos y establecimos otros.

EJE	IMAGEN ESTEREOTIPADA	INDICADOR	IMAGEN ADECUADA	INDICADOR
TAREA	Individual.	Una persona.	Colectiva.	Dos o más personas, o una persona relacionada con la comunidad científica.
	Masculina.	Figura masculina.	Humana.	Figura femenina, o figura femenina y figura masculina.
	Para mentes brillantes.	Texto o dibujo relativo a gran inteligencia, sabiduría...		Referencia a actividades, actitudes, sentimientos de una persona común.
CONTEXTO	Descontextualizada, separada del contexto de producción, independiente de la sociedad, neutra.	Sin referencias a las razones del trabajo.	Contextualizada. Inmersa en la sociedad, manteniendo complejas relaciones.	Con referencia a problemáticas de la sociedad del momento.
PROCESO	A partir de datos empíricos.	Búsqueda del conocimiento en la realidad.	Crea modelos explicativos, la teoría da sentido a los datos.	Muestra que el conocimiento explica la realidad.
	En forma inductiva.		Por variadas metodologías.	
	Siguiendo un método riguroso.	Referencia a pasos rígidos y secuenciados del método científico.		Explicita otras metodologías.
PRODUCTO	Verdadero, acabado, acumulativo, no problemático.	Sin referencia a revisión.	Son respuestas tentativas, abiertas, falibles..	Expresa por escrito o dibujo que el conocimiento está incompleto o es transitorio, “por ahora”.
	Parcializado.	Sin vínculos con otras disciplinas.	Coherente globalmente.	Indica vínculos con otras disciplinas.
FINALIDAD	Ciencia catastrófica o salvadora de la humanidad.	Dibuja o expresa catástrofes o beneficios extremos ocasionados por creaciones científicas.	Como respuesta a problemas de la realidad.	Se manifiesta el vínculo entre la sociedad y la elaboración del conocimiento científico.

¿Cómo representan el hacer ciencias?

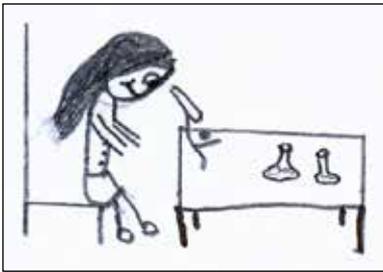
¿Como una tarea colectiva y humana?, ¿o individual, masculina y elitista?

Contrariamente a la imagen popular, la ciencia es una tarea colectiva. Lo inmenso de la tarea y la multiplicidad de especializaciones obligan a trabajar en colaboración, para lo cual se constituyen los proyectos de investigación.

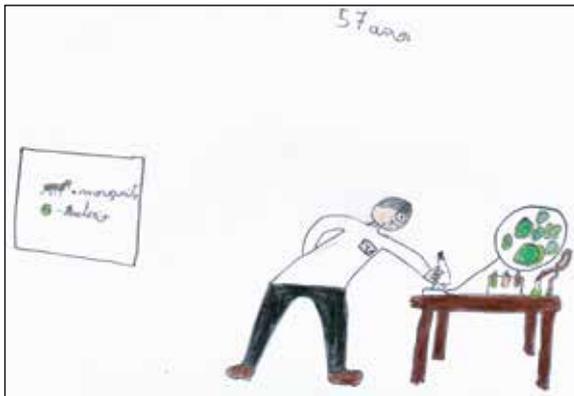
Esto no significa renunciar a la originalidad individual, sino potenciarla, sumándola a otras. Desde luego no se trata de hacer todos lo mismo, ni de decantarse por el parecer de la mayoría, sino de examinar la realidad desde distintos puntos de vista derivados de una alta preparación en diferentes especialidades.

La producción científica se da en un contexto pluridimensional que la impregna y condiciona. Ello pone de manifiesto la dimensión humana de la ciencia como actividad social, ya que supone concebir al conocimiento científico como *«producto de desarrollos colectivos de equipos de trabajo... y, a la vez, considera la realidad del momento histórico como influencia externa»* (Liguori y Noste, 2005).

Por ello consideramos como deseable la presencia de dos o más científicos o científicas, que se comunican entre ellos, con vínculos de colaboración en el trabajo, a diferencia de la imagen social del científico trabajando aislado, en solitario, que estaría indicando una imagen estereotipada.



Nicole – 5º grado



Bruno – 5º grado



Emilio – 2º grado

En estos dibujos podemos leer la imagen de una ciencia realizada en solitario, en aislamiento, en algunos casos misteriosa o secreta.

«Hubo un tiempo histórico donde los productores de conocimiento científico trabajaban solos y aislados. Hace ya mucho tiempo que la realidad del quehacer científico es diferente. De hecho el proceso de crítica y mutua corrección por pares es característico de la ciencia, y

aparece incluso no solo durante el trabajo sino una vez finalizado, cuando las comunidades competentes deben avalar el saber comunicado.» (Dibarboure, 2009:25)

Muy pocos son los dibujos que representan un grupo de científicos, y menos aún los niños que en la entrevista dicen que trabajan en colaboración. En este caso, el nivel de conceptualización no va más allá del “se ayudan” o “se reparten la tarea”.



Juan Manuel – 5° grado
 “Son todos paleontólogos, tres hombres y dos mujeres. Son un equipo que busca fósiles prehistóricos, cada uno tiene una tarea que hacer para sacar el fósil.”



Mariana – Nivel 5 años
 “Son cinco científicos, tres hombres y dos mujeres. El jefe es el hombre mayor. Investigan una enfermedad. Se ayudan.”



Federico – 5° grado
 “Son astrónomos. Se cuentan lo que hacen y discuten la información que consiguen.”

No recogimos ninguna influencia del trabajo escolar sistémico. El programa establece que las disciplinas «se integran para un conocimiento abarcativo de la Naturaleza desde un análisis interdisciplinario» (ANEP. CEP, 2009:83).

Varios dibujos muestran científicos trabajando en distintos campos disciplinares; pero en la entrevista, los niños aclaran que no trabajan relacionados ni están investigando lo mismo.



Jessica – 5° grado

¿Cómo consideran el contexto donde se hace ciencias?

¿Como una actividad aislada y descontextualizada?, ¿o inmersa en la sociedad?

También en este eje, la imagen estereotipada de ciencia está bien definida; mientras que la adecuada, en muy pocos, está apenas esbozada.



Damián – 2º grado



Maximiliano – 5º grado

En estos dibujos vemos científicos que trabajan solos, realizan experimentos en su laboratorio, con seguridad peligrosos. Aparecen con el cabello erizado, con lentes, uniformados, con mirada amenazante.

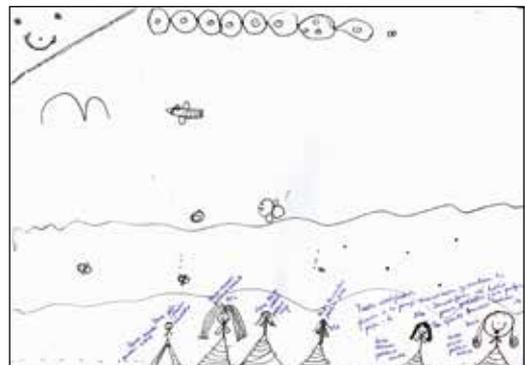
Es el arquetipo de ciencia limitada al laboratorio cerrado, con luz artificial. Es una ciencia aislada del mundo, que parece responder solamente a intereses individuales. Algunos niños, en las entrevistas, dicen: “*quieren crear sustancias*”, “*van a vender la fórmula*”...

Por el contrario, en los siguientes dibujos queda evidenciada cierta relación entre el conocimiento científico y lo social, aunque muy simple y unidireccional. Se intenta resolver problemáticas de la sociedad, gripe, falta de peces.



Daniel – 5º grado

“*Qué interesante, un nuevo jarabe contra la gripe A (H1N1).*”



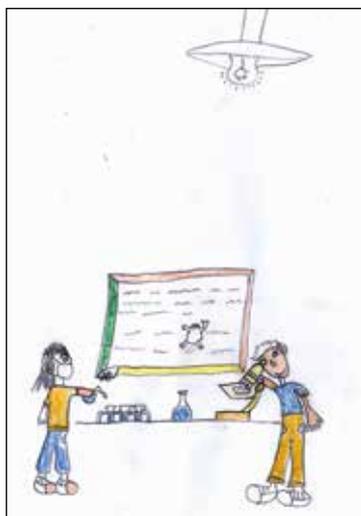
Sabrina – 2º grado

“*Los investigadores fueron a la playa a investigar por qué no hay peces. Era porque la gente tira bolsas. Después se fueron al laboratorio para saber por qué las bolsas los matan.*”

¿Cómo piensan el proceso de elaboración?

¿Como empírico e inductivo?, ¿o modélico?

La asociación ciencia-laboratorio atribuye la esencia de la actividad científica a la observación y la experimentación, idea que coincide con la de “descubrimiento” científico, difundida a través de medios de comunicación, prensa, revistas, y aún en los folletos publicitarios. Se trata de la clásica visión empirista.

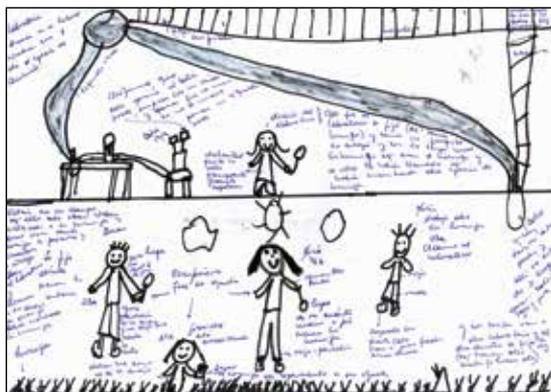


Agustín – 5º grado



Milagros – 2º grado

En la casi totalidad de los dibujos se representa al científico elaborando el conocimiento a partir de la observación y de la experimentación, siempre con variados instrumentos; esa tarea la realiza tanto en el laboratorio como en el campo. Es muy clara la fuerte visión que sustentan del rol de los instrumentos para el trabajo científico.



Daniela – 2º grado

“Están en un campo porque ellos cuando iban estaban interesados por las hormigas y como vieron tantas pararon y comenzaron a investigar. Llamaron a la dueña del laboratorio para avisarle que habían encontrado diferentes hormigas. [...]

En el laboratorio estudian diferentes especies de animales.

La dueña del laboratorio con una lupa miró las hormigas. [...]”

No encontramos indicios acerca de la elaboración de modelos explicativos, excepto en el dibujo de un niño que reproduce una situación escolar¹. Sin embargo, en dos o tres dibujos, que llamativamente son del Nivel 5 años, hay comentarios referidos “al pensar” de los científicos. ¿Podría estar indicando un primer y mínimo avance en la concepción?

¹ Ver dibujo de Mateo en Capítulo 9, p. 109.



Robert – Nivel 5 años
“Está investigando insectos en el último piso de un edificio. En la mesa y los cajones guarda todo lo que necesita cuando está pensando.”

A la interna del equipo de investigación se discutió dicha posibilidad, ¿qué significa ese “pensar”? ¿Decidir qué, cuándo o cómo hacer?, ¿tratar de explicar lo que sucede? o, ¿simplemente pensar cómo es? Quizás sea una contaminación de la expresión docente: “*A ver, vamos a pensar antes de hablar*” o similares, de uso bastante habitual cuando se busca priorizar la reflexión.

Más allá de que tres dibujos no son representativos –dos en Nivel 5 años y uno en Segundo grado–, esa idea se pierde en la escolaridad, ¿por qué sus representaciones de científico “dejan de pensar”?

¿Siguen un único método o variadas metodologías?



Emiliano – 2º grado
“Es un científico y su ayudante científica. El científico, que tiene lentes que no usa, mezcla polvo del espacio con “Microtan” líquido azul que trajeron de Marte. Se producen burbujas. También mezcla fórmulas, “Grisetina” para hacer nuevas fórmulas. La computadora cuando detecta algo lo muestra en la pantalla grande; en ese momento muestra micropartículas del espacio.”

La mayoría de los niños dibujan científicos en un momento de su actividad, no representan la secuencia temporal de su trabajo; generalmente están observando y/o experimentando. No encontramos información en las entrevistas que nos permitiese concluir que dichas actividades formaban parte del “método científico”. Tampoco indicios de formulación del problema, elaboración de hipótesis ni de comprobación, por ejemplo. Solamente un niño de Quinto grado² dibuja y explicita el proceso de investigación.

Es que, ¿aún no está conformada esta conceptualización? o, ¿al primar la representación de una instancia, no aparece la secuencia metodológica?

² Ver dibujo de Guillermo en Capítulo 9, p. 107.

¿Cómo muestran el conocimiento científico?

¿Como acabado?, ¿o transitorio?

No encontramos elementos en los dibujos ni expresiones en las entrevistas que nos dieran indicios sobre esta característica. Si consideramos que la concepción de ciencia claramente dominante es la del estereotipo, seguramente consideren que el conocimiento científico es verdadero y, por lo tanto, acabado; pero no podemos afirmarlo.

Sí podemos inferir, por ejemplo, que al señalar la creación de nuevos remedios o el descubrimiento de especies, estarían señalando el avance del conocimiento científico, pero quizás dándole una característica acumulativa.

¿Cómo consideran las ciencias?

¿Como salvadoras de la humanidad?, ¿o catastróficas? ¿Hasta dónde llega su poder?

Sobre todo en los primeros niveles, se representa a los científicos con sonrisas y expresiones en general afables, con posturas tranquilas y relajadas. Transmitirían la idea estereotipo de la actividad científica como humanitaria, útil y positiva: la ciencia como “salvadora de la humanidad”, relacionándola con el mundo de la medicina. De igual manera, en las entrevistas, los niños se refieren a “fabricar” o “inventar remedios”.



Axel – 5º grado
“Busca alguna cura para enfermedades que todavía no la tienen.
Tiene máscara y lentes por si hace algo mal que no le dañe los ojos. Los pantalones y los guantes negros tienen puntos para que no le dañe la piel.”



Manuel – 5º grado
“Investigo un caso de gripe.”



Gonzalo – 5º grado
“Está trabajando con el esqueleto para saber más cosas, para ayudar a las personas que no se rompan la espalda.”

Manuel dijo que su científico está trabajando en la obtención de una vacuna que cure la Gripe A (H1N1). En el momento de solicitar el dibujo, el tema estaba latente en la sociedad uruguaya, en los medios de comunicación era una de las noticias más relevantes, además en muchas escuelas se trabajó como emergente. Este problema social influyó en algunos de los dibujos de los niños.

Es una imagen de la ciencia enfrentada a un problema de relevancia científica y social (como, igualmente, existen colectivos de científicos organizados en torno a problemas ambientales, los alimentos transgénicos, la energía nuclear, etc.). Subyace la idea de que el producto de la ciencia (el conocimiento científico) es algo en permanente construcción, influido por el contexto histórico y social.

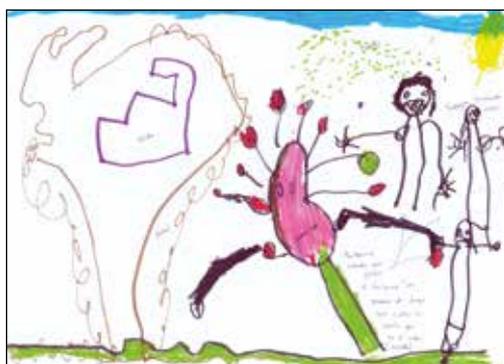
Si bien estos dibujos pueden caer en la visión simplista de la ciencia para beneficio de la humanidad, se alejan de la concepción de ciencia neutra, acabada, independiente del contexto.

En la muestra no aparece la representación de la idea de ciencia catastrófica, a través de la cual alguien o algo sea capaz de destruir el mundo o apoderarse de él. Aparentemente en ese aspecto, estos niños no se han visto influenciados por las imágenes apocalípticas relacionadas con la ciencia, que aparecen en ciertas películas y dibujos animados.

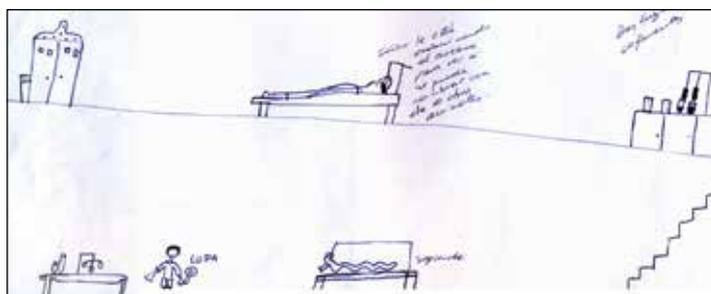
Sí encontramos, en un grupo de dibujos, la ciencia todopoderosa capaz de cambiar la realidad. Quizás nos remiten al científico como alquimista, pero ahora manipulando materia viva.



Thiago – Nivel 5 años
"La casa del tiempo para viajar al pasado. Luces para cuando tengas miedo."



Manuel – Nivel 5 años
"Crearon un fantasma que tira piedras de fuego que matan a las arañas."

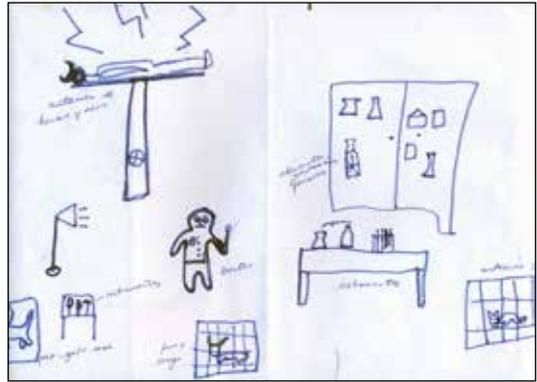


Agustina – 5º grado
"Le están estudiando el cerebro para ver si se lo pueden cambiar con el de otros animales."

Maia – Nivel 5 años
"Dos científicos inventaron una máquina para convertir una mariposa en un cangrejo."



Franco – 5º grado
 “Minihumanos creados por él. Asistentes crearon este tibupájaro con sustancias químicas.”

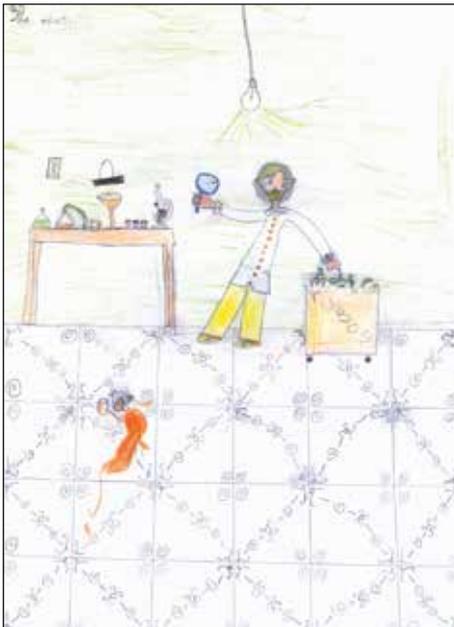


Juan Carlos – 5º grado
 “Mutación de hombre y toro. Toro y conejo. Pez-gato-ave. Mutación gato y conejo.”

Ciencia sí, ¿pero qué imagen representan?

Los dibujos muestran mayoritariamente una imagen de ciencia estereotipada: *empresa individualista, masculina, elitista, separada del contexto de producción y socialmente neutra.*

Analicemos uno de ellos:



Rodrigo – 5º grado

¿Qué elementos nos brinda el dibujo?

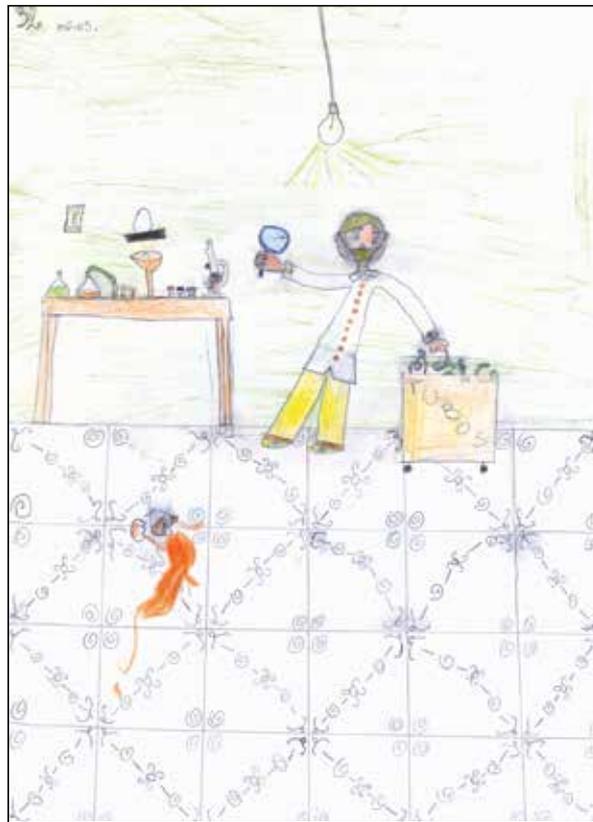
“Una persona sola y hombre. Tiene barba y usa túnica. Está en una pieza sin vínculo con el exterior y con luz artificial. Sobre la mesa hay frascos, matraces, tubos y un microscopio. Está usando una lupa. Hay un mueble con más tubos. En la pieza hay un gato.”

Sobre la base de estos elementos, ¿qué podemos decir de la imagen implícita de ciencia?

Refiere a una imagen individualista y elitista, ya que dibuja un solo científico y hombre. Aparece como descontextualizada, nada dice del trabajo que realiza, de sus razones y su relevancia; además, el científico está aislado del exterior, no hay ni ventanas ni puerta en la habitación. Es empirio-inductivista, ya que su actividad es de observación y experimentación.

A modo de cierre, dos propuestas de trabajo

Agregue elementos al dibujo y un pequeño texto que transforme la imagen implícita de ciencia.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Use la siguiente tabla para analizar la imagen de ciencia implícita en el dibujo y en el texto que realizó al comienzo de este libro. Asigne un punto a la presencia de cada indicador.

IMAGEN ESTEREOTIPADA DE CIENCIA		IMAGEN ADECUADA DE CIENCIA	
Una persona.		Dos personas o más. O una persona, pero relacionada con la comunidad científica.	
Hombre.		Mujer, o mujer y hombre.	
Texto o dibujo que expresa la gran inteligencia, sabiduría del científico.		Referencia a actividades, actitudes, sentimientos, en la vida de una persona común.	
Sin referencias a las razones que generaron el trabajo que está realizando.		Trabajo enraizado en problemáticas de la sociedad o de la comunidad científica.	
Búsqueda del conocimiento en la realidad: exclusivamente observación y/o experimentación.		El conocimiento explica la realidad. Modelización.	
Referencia a la secuencia rígida del método científico.		No aparece la observación ni la experimentación.	
Muestra un conocimiento acabado, verdadero.		Muestra un conocimiento incompleto o transitorio, "por ahora".	
Sin vínculos con otras disciplinas en la resolución de la situación.		Indica vínculos con otras disciplinas y su razón.	
Dibuja o expresa catástrofes o beneficios extremos, ocasionados por creaciones científicas.		Vincula la sociedad y la elaboración del conocimiento científico. Interrelación.	

Total de imagen estereotipada →

Total de imagen adecuada →

Su imagen de ciencia es predominantemente

Adúriz-Bravo señala que la literatura internacional habla de «*visiones deformadas*» para referirse a las imágenes de sentido común que sobre el quehacer científico y sobre quienes lo llevan adelante mantiene la inmensa mayoría de la población.

«Estas visiones deformadas obturan la posibilidad de una alfabetización científica genuina, alejando a muchas personas de las ciencias naturales y mitificando estas disciplinas.»
(Adúriz-Bravo, 2008b) ■

¿Qué imagen de científico y de ciencias representan?

El pre-test

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales

«El test “dibuja un científico” probablemente es más útil para identificar que para medir actitudes. Por lo tanto será más útil en la construcción de hipótesis que en su comprobación.»

D. W. Chambers (1983:265)

La maestra del grupo es quien lleva a cabo la actividad. Están presentes otros docentes que offician de observadores no participantes.

La maestra da la consigna sin explicaciones. Solicita a los niños:

- ▶ **Dibuja uno o varios científicos o científicas, y lo que están haciendo**, en el Nivel 5 años y en Segundo grado.
- ▶ **Dibuja una persona que realiza investigación científica en su lugar de trabajo**, en Quinto grado.

Los niños dibujan individualmente, con marcadores negros, en hoja A4 identificada con su nombre. Si quieren usar colores, se les permite.

Si algún alumno plantea dudas o preguntas, la respuesta es individual y el observador hace el registro correspondiente.



Escuela N° 1 – Salto – Nivel 5 años



Escuela N° 4 – Mercedes – 5° grado

El observador transcribe o graba todas las interacciones entre los alumnos, y de estos con el docente, así como los aspectos o situaciones que considere relevantes.



Escuela N° 1 – Salto – Nivel Inicial
Maestras observadoras Ma. del Rosario Bertolotto y Ma. Cristina Borges

El grupo se muestra entusiasmado y motivado con la actividad. Solamente dos niños manifiestan no saber qué dibujar y se muestran reticentes con la propuesta.

En cuanto a los comentarios, los más relevantes surgieron al principio:

- ▶ *Un niño preguntó: –Estuvimos trabajando con la gravedad, la manzana y eso. ¿Eso lo puedo dibujar?*
- ▶ *La maestra respondió: –Si está relacionado con lo que pide la consigna, sí.*
- ▶ *Otro: –¿Puedo dibujar a la maestra?*
- ▶ *A lo que la maestra respondió de la misma manera. [...]*

[...] Mientras dibujan hacen comentarios:

–Yo lo voy a hacer de túnica porque un uniforme tiene que tener.

–Yo ya estoy repasando al científico loco. Digo loco por los pelos que le hice. [...]

Fragmento del registro de la maestra observadora Miryan Suna
Escuela N° 183 – Montevideo – 5° grado

Los alumnos esperaban ansiosamente realizar una actividad diferente, porque el día anterior se les había pedido que llevaran un marcador únicamente de color negro. Les expliqué que mi tarea era observar, observar cómo harían el trabajo que se les iba a proponer.

La maestra les entregó las hojas –tamaño A4–, sacaron el marcador negro, únicos útiles que se veían en sus mesas de trabajo. Volvió el silencio, rodeado de caras interrogantes..., se leyó la consigna de trabajo.

Inmediatamente comenzaron a levantarse manos, y a mirarse entre ellos.

–¿Un científico?... ¡pah! (Matías)

–Un científico o una científica, dijo la maestra. (Tatiana)

–Yo no conozco científicas. (Gonzalo Ch.)

–Pero hay, ¿no? (Tatiana)

–Claro que tiene que haber... (Mariana)

No hubo más intervenciones, ni interacciones. Se los observó en actitud de total concentración e interés.

Fragmento del registro de la maestra observadora Claudia Grassi
Escuela N° 153 – Montevideo – 2° grado

La maestra explica a sus alumnos que les solicitamos un dibujo para realizar un estudio. No es cualquier dibujo. Les lee la consigna. Luego de la lectura les dice que escuchen atentamente, que la va a leer nuevamente. Los niños no piden aclaración de la consigna.

Les pregunta: –¿Recuerdan lo que van a dibujar ?

A coro: –Sí...

Se lee nuevamente la consigna: –¿Entendieron todos?

Una niña repite partes de la consigna: – “Dibuja uno o varios científicos”.

La maestra va por las mesas y la lee nuevamente a cada grupo.

Maestra: –Piensen.

Niño 1: –Un científico o varios... yo voy a hacer tres.

Niño 2: –¿Puedo hacer la selva y a un hombre buscando cosas?

Maestra: –Lo que te parezca.

Niño 3: –Yo voy a hacer una selva con un volcán con lava.

Niño 4: –¿Qué es varios?

Maestra: –Varios es más de uno.

Niño 5: –Yo voy a hacer un experimento, una mezcla. Acá hice un tarrito y adentro hay lava.

Niño 6: –Yo voy a hacer una botellita de experimentos.

Niño 7: –Yo voy a hacer gente alrededor de una mesa trabajando, lo vi en una película, los científicos alrededor trabajando. [...]

**Fragmento del registro de la maestra observadora Selva de Paula,
Escuela N° 1 – Salto – Nivel Inicial**

A medida que se van entregando los dibujos, la maestra y los observadores llevan a cabo la entrevista semiestructurada que se había planificado.



Victoria – Nivel 5 años

CONSIGNA : Dibuja uno o varios científicos o científicas y lo que están haciendo

CLASE	Maestro:	Hortense	
Nivel Inicial	Observadores:	Selva - Károla	
5 años	Registro:	Hortense	

ACTORES	¿Quién es?	Edad	¿Por qué tiene esa edad?	¿Por qué se viste así?	
				Tunica	Otra
1	Una científica	30	Porque se magra	Y	Para trabajar
2	Una científica	50	"		
3	Una científica	40	"	Y	
4	Una científica	60	"	Y	
5	Un científico	60	"		
6	Un científico	90	Porque es viejo		Porque no usa túnica

TAREA	¿Qué están haciendo?	¿Qué instrumentos utilizan para la tarea?	¿Para qué?
1		Frascos - jeringas - pipetas	Para poner cosas
2			
3			
4			
5			

Si hay más de uno:

¿Trabajan sobre lo mismo? Sí Otros:

¿Se cuentan lo que hacen? Sí Otros:

ESPACIO	¿Dónde están?	¿Por qué están ahí?	¿Qué muebles u objetos hay?	¿Para que sirven? ¿Que guardan?
1	En un salón	Porque ahí tienen lo que necesitan	Mesa, estantes	Para guardar lo que están haciendo, los frascos y otras cosas
2				
3				
4				
5				

Posteriormente, a partir de los dibujos y de la información recabada en la entrevista, se hace el análisis de la imagen de científico que cada niño representó, y se reúne toda la información en planillas por clase. La siguiente es parte de la planilla correspondiente al grupo de Nivel 5 años.

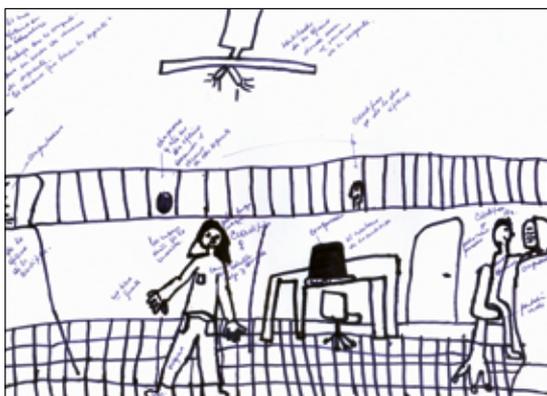
¿Quién es?		Edad		¿Por qué tiene esa edad?	
Un científico	4	Menos de 10	7	No sabe, no contesta	11
Una científica	1	Más de 10 Menos de 20	4	Respuesta sin relación a la pregunta	6
Más de uno o una, pero del mismo sexo	9	Más de 20 Menos de 30	3	Altura	5
Más de uno, de sexo diferente	13	Más de 30 Menos de 40	8	Porque es joven	1
No comprende consigna	3	Más de 40 Menos de 50	4	Porque es mayor, grande	7
No responde	1	50 o más	3	Porque nació hace mucho tiempo	1
		60 o más	2		

Si hay más de uno:

	SÍ	NO
¿Trabajan sobre lo mismo?	13	5
¿Se cuentan lo que hacen?	14	3
Otras respuestas	A veces se cuentan lo que hacen, si están trabajando tienen que estar atentos. Hay dos que ayudan.	
No contesta	5	
Respuesta sin relación a la consigna	1	

¿Qué están haciendo?	
No contesta	3
Respuesta sin relación a la consigna	7
Investigando insectos u otros animales	7
Elaborando remedios / vacunas	4
Estudiando plantas	2
Vacunando animales	2
Investigando enfermedades	1
Investigando un volcán	1
Investigando en la selva	1
Investigando cometas	1
Trabajando en el laboratorio	1
Haciendo experimentos	1

Como nos interesaba comparar las representaciones de los tres niveles, seleccionamos indicadores, elaboramos una tabla común en la que registramos las respuestas por grado.



Cristian – 2º grado

Segundo grado Actividad inicial		V	N	T
COMPRENSIÓN de la CONSIGNA				
▶ Sí		11	11	22
▶ NO		1	3	4
NIVELES DE RESOLUCIÓN				
▶ se representa		-	-	-
▶ inventor		-	-	-
▶ profesional		-	-	-
▶ detective y/o policía		-	1	1
▶ científico		11	11	22
CANTIDAD DE PERSONAS				
▶ 1		5	3	8
▶ 2		2	2	4
▶ más de 2		4	7	11
VÍNCULOS ENTRE LAS PERSONAS, DE:				
▶ Colaboración		6	8	14
▶ Dependencia		-	1	1
VESTIMENTA				
▶ con túnica de laboratorio		4	2	6
▶ con equipo de trabajo		2	2	4
▶ vestimenta común		4	8	12
▶ otras		-	-	-
LUGAR REPRESENTADO				
▶ laboratorio		7	3	10
▶ campo		4	6	10
▶ espacio		-	-	-
▶ otros		-	2	2
CAMPO DE INVESTIGACIÓN				
▶ biológico		7	8	15
▶ astronómico		-	-	-
▶ químico		3	2	5
▶ otro		1	1	2
GÉNERO O GÉNERO PREDOMINANTE				
▶ masculino		10	4	14
▶ femenino		-	8	8
OTRAS CARACTERÍSTICAS A DESTACAR EN LOS HOMBRES				
▶ cabello "loco"		-	-	-
▶ lentes		1	-	1
EN LAS MUJERES				
▶ cabello "loco"		-	-	-
▶ lentes		-	-	-



Un niño dibuja dividiendo horizontalmente la hoja en dos: laboratorio (mitad superior) y campo (mitad inferior).

Las planillas individuales y las de los cinco grupos son nuevamente estudiadas en el Equipo de Investigación. En esta oportunidad se centra la mirada en las categorías que se habían considerado como deseables. Parte de la síntesis de esa tarea es la siguiente:

CATEGORÍA DESEABLE	NIVEL 5 AÑOS	SEGUNDO GRADO	QUINTO GRADO
Incluyen mujeres	52%	44%	36%
Dibujan dos o más personas	69%	65%	36%
Tienen vínculo colaborativo entre ellas	77%	93%	54%
Su vestimenta no es la tradicional	77%	73%	45%
Trabajan fuera del laboratorio	65%	57%	10%

Al terminar el análisis estaba claro que a medida que avanzábamos en la escolaridad disminuía la imagen deseable, y se observaban más indicadores del estereotipo. Los niños uruguayos de la muestra representaban la misma imagen que los niños de otros países y otras épocas.

Los insumos obtenidos fueron el punto de partida para definir las actividades planificadas dentro de los tres ejes de trabajo propuestos: género; ciencia, tecnología y sociedad; características y producción del conocimiento científico. ■



Pía – 5º grado

Primeros intentos

Algunas intervenciones

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales

«...para que las ideas clave de la naturaleza de la ciencia digan algo sobre las propias ciencias, es necesario aplicarlas al análisis de situaciones y contenidos específicos.»

A. Adúriz-Bravo (2011b)

Adúriz-Bravo plantea que hay ideas epistemológicas clave que deben estar presentes en los contenidos de enseñanza de las ciencias; se trata de entender el valor de la ciencia como creación intelectual, y fundamentar sus virtudes desde una visión humanista, acorde con las prácticas científicas actuales. Ello requiere un propósito claro de enseñar reflexivamente la naturaleza de la ciencia como otro contenido explícito, ya que se trata de un metaconocimiento.

Acevedo Díaz (2009a:167) considera que ello es posible siempre que el docente cuente con «un amplio dominio del contenido de los temas científicos, junto con un buen conocimiento de las creencias e ideas de los estudiantes y de los puntos de vista contemporáneos sobre la NdC [...] disponga del suficiente conocimiento didáctico general y específico para una puesta en práctica eficaz». Ambos autores coinciden en el enfoque. Adúriz-Bravo (2007) destaca tres ideas directrices: uso extensivo de la historia de la ciencia como ambientación; uso del mecanismo cognitivo y discursivo de la analogía; uso reflexivo de procedimientos científicos de naturaleza cognitivo-lingüística. Acevedo Díaz (2009a:167-168) señala la necesidad de: «*Implicar y orientar al alumnado en actividades de indagación científica [...] Plantear asuntos tecnocientíficos controvertidos de interés social [...] Utilizar la historia de la ciencia [...]*».

Es desde este planteo teórico que pensamos, en un principio, crear y analizar las intervenciones. Nos propusimos promover la reflexión de los niños en cuanto a la imagen de científico, y posibilitar su resignificación así como la concepción de ciencia que con ella se construye.

Habíamos confirmado la casi plena presencia del estereotipo de científico y de ciencia. La ciencia había aparecido como individualista, elitista, descontextualizada y socialmente neutra.

En nuestros primeros intentos de intervención diseñamos actividades cuyos objetivos eran modificar la concepción de ciencia implícita en los estereotipos encontrados, teniendo como metas, caracterizaciones deseables de género, de edad, de vestimenta, del tipo de tarea, la forma y el espacio físico en que la realizan, de los instrumentos que utilizan, de los vínculos con lo social y lo político.

Así definimos tres ejes de trabajo, y dentro de cada uno priorizamos algunos aspectos.

- ▶ *Género* – se pretendía valorar el rol de la mujer en la construcción del quehacer científico y cuestionar la preponderancia del rol masculino en la imagen de ciencia y de científico construida socialmente.
- ▶ *Características y producción del conocimiento científico* – tuvo como objetivo conceptualizar la idea de que el conocimiento científico es modélico y provisorio, que su elaboración está vinculada a distintos contextos. El conocimiento científico y tecnológico sería presentado inserto en una cultura, producto de una actividad social contextualizada.
- ▶ *Ciencia, tecnología y sociedad* – se buscó mostrar a los niños la interrelación entre la ciencia y la tecnología, así como su incidencia social y económica.

A su vez, cada una de las actividades dentro de estos ejes fue adecuada o diferenciada según el grado escolar en el que se realizaría.

Presentamos algunas de las actividades realizadas, con sus testimonios, en el entendido de que es imposible prescribir todo lo que se hace o se deja de hacer en una intervención didáctica, a la que tampoco se puede describir en su totalidad porque faltan analizadores que den cuenta de lo que piensan y sienten, simultáneamente, esos sujetos que se están comunicando. Tampoco se puede generalizar porque cada intercambio educativo tiene su particularidad, así como cada sujeto es original, único.

	Nivel 5 años	Segundo grado	Quinto grado
Género	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Narración de un cuento. ▶ Análisis de fotografías. ▶ Entrevista a una científica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Narración de un cuento. ▶ Análisis de fotografías. ▶ Entrevista a una científica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Lectura de textos de divulgación científica: escritos, gráficos, icónicos. ▶ Visionado de la película sobre Mme. Curie, <i>Más allá de los ojos</i>. ▶ Preparación de una entrevista a una científica sobre la base del texto "Women in Science" (Van den Eynde, 1994). ▶ Entrevista a una científica.
Características y producción del conocimiento científico	<p>Es una tarea colectiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Análisis del cuento. ▶ Observación de fotografías. <p>Se realiza en diferentes contextos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Observación de láminas. 	<p>Se realiza en diferentes contextos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Observación de láminas. ▶ Visita de un paleontólogo a la escuela. ▶ Visita al Museo Nacional de Historia Natural. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Video <i>Cómo es el trabajo del paleontólogo</i>. ▶ Entrevista a un paleontólogo. <p>El conocimiento científico es modélico y provisorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Análisis de texto explicativo sobre modelos del universo. ▶ Lectura de la crónica: "De cómo Plutón dejó de ser el noveno planeta".
Ciencia, tecnología y sociedad	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Visita a la Universidad, Regional Norte (abarca todos los ejes). 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Entrevista a una científica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Visionado de video institucional del INIA.

Eje: Género

No solo hombres, las mujeres también

En Nivel 5 años y en Segundo grado, la cuestión de género estuvo presente en todas las actividades, ya fuese directamente, cuando el personaje de un cuento era una científica o cuando entrevistaban a una, ya fuese implícitamente, en las otras intervenciones en las que expresamente se buscó que la imagen femenina apareciese siempre.

Creamos el cuento “*Matilde, una científica...*”, para presentar a los científicos como personas comunes, que pueden ser mujeres, que tienen una familia, realizan actividades en el hogar y fuera de él, que trabajan como científicas, que su tarea de investigación junto a otros científicos y científicas lleva mucho tiempo, que utilizan diversos materiales, registran, observan, experimentan, estudian...

En Nivel 5 años se enfatizaron las actividades que realiza Matilde como madre, esposa y ama de casa, y se describió su tarea como científica. En Segundo grado, además, se puso énfasis en que la actividad científica es un trabajo remunerado, que se realiza en instituciones, en colaboración con otros, y que tiene sus dificultades y sus gratificaciones.

El cuento presenta, y mucho lo discutimos, dos rasgos del estereotipo: Matilde trabaja en un laboratorio e investiga una nueva vacuna (la ciencia como benefactora de la sociedad). Decidimos mantenerlo como anclaje con las conceptualizaciones que habían mostrado los alumnos, para poder centrarnos durante la intervención en los cambios planificados.

Matilde, una científica...¹

Había una vez una casita azul con techo verde rodeada por un cerco marrón. En ella vive la familia Rodríguez. Como todas las mañanas a las 7 en punto suena el despertador rin... rin... rin, es hora de levantarse. Matilde abre los ojos, siente la ducha, su esposo Antonio ya se ha levantado. Salta de la cama, debe vestirse y preparar el desayuno antes de despertar a Martina y Joaquín.

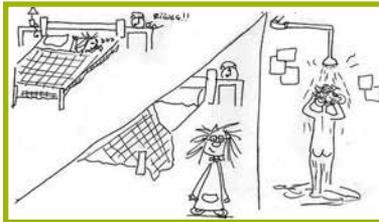
Mientras espera que el agua hierva, hace unas tostadas, calienta la leche y tiende la mesa.

–¡Vamos dormilones! ¡Buen día! ¡Martina, Joaquín, a levantarse! Corre las cortinas, le da un beso a cada uno y se fija que tengan pronta la ropa limpia, la túnica, la moña y la mochila.

–No demoren, la leche está pronta. ¡Y... no se olviden de arreglar la cama!

–¡Mamáááá, nooooooooooooo!

Sonríe, todas las mañanas las mismas quejas.



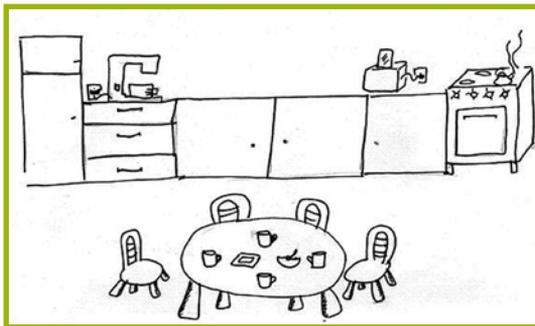
Mientras desayunan, la familia comparte historias, anécdotas y proyectos para el día.

Martina no deja de hablar, está nerviosa porque debe explicarles a sus compañeros cómo viven las hormigas. Joaquín tiene que leer un cuento a los niños de Nivel 5 años, y ¿si me equivoco? Los dos quieren que papá y mamá los escuchen.

Para distraerlos, Martina les dice que ella también quiere contarles sobre los avances de sus investigaciones científicas. Siempre les recuerda que desde muy pequeña le gustaba preguntar, observar, tratar de explicar. Así que, motivada por ello, estudió y ahora es científica. Le costó, pero consiguió trabajo en un laboratorio que se dedica a buscar la cura de ciertas enfermedades.

¹ Versión para Segundo grado. Ilustraciones Mtra. Ana Laura García.

– ¡Qué tarde es! Rápido, lávense los dientes. Antonio, por favor, arregla nuestra cama mientras yo lavo la cocina. En cinco minutos tenemos que salir.



Mientras caminan hasta la escuela, Matilde les recuerda que la abuela los va a ir a buscar. Pórtense bien, no la hagan rezongar.

Con su esposo siguen hasta la parada.

– Cuando vayas a buscar a los niños a lo de tu madre, no olvides comprar leche, pan y tallarines en el supermercado. Esta noche, ¿preparas tú la cena?

Por suerte, Antonio, que trabaja en una oficina muy cerca del laboratorio, sale más temprano durante la semana porque trabaja los sábados de mañana. Así puede quedarse con los niños hasta que ella regresa. Un largo día de trabajo les espera...

Como todos los días al llegar al trabajo, Matilde enciende la computadora y revisa su correo; por suerte, científicos mexicanos le mandaron la información que necesitaba. La compara con la publicada en el último número de la revista "Science". Aún hay problemas no resueltos, debe seguir estudiando. Prepara los materiales que utilizará. Saca su cuaderno de registro del armario. Se pone guantes y tapabocas, porque ella trabaja con virus. Hoy debe observar unos preparados al microscopio.



Hace muchos meses que ella y sus compañeros están realizando pruebas, son estudios muy importantes. Intentan preparar una vacuna que no sea necesario inyectar, sino que actúe a través de la mucosa de la nariz y que pueda usarse tanto en niños como en adultos. Son muchos trabajando en esta investigación, porque muchos son los problemas a resolver. La mayoría son hombres, científicos, solo dos son mujeres, científicas. Todos los días, al final de la tarde, se reúnen para compartir las observaciones, los avances, las dificultades que surgieron en la jornada de trabajo.



De pronto... Matilde llama a sus compañeros. ¡Vengan, observen! Este preparado funcionó muy bien, ¡estamos en buen camino para resolver la vacuna nasal para la gripe!

En ese momento Matilde, la científica, está muy orgullosa de su trabajo y se siente feliz de realizarlo.

Luego de registrar lo observado y de terminar las tareas de ese día, Matilde queda pensando en todo lo que falta hacer para que la vacuna sea una realidad.

Camino a casa, donde la esperan sus hijos y su esposo, piensa sobre lo importante que puede ser su trabajo, ya que ayudará a personas, las protegerá de enfermedades.

¿Antonio estará haciendo la cena? ¿Tendrán muchos deberes los niños? ¿Cómo les habrá ido con las hormigas y el cuento? Realmente está muy cansada, el día ha sido muy emocionante. ¡Siente que ser científica es algo muy especial!



El equipo resolvió que el cuento se leyese, se reconstruyese y luego se profundizase en los aspectos que se habían establecido para cada grado.

De acuerdo a los registros, las preguntas hechas fueron:

¿Quiénes son los personajes del cuento? ¿De qué hablan en el desayuno? ¿Qué hacen después de desayunar? ¿Qué actividades realiza cada uno? ¿Dónde trabaja la mamá? ¿Qué cosas utiliza al trabajar? ¿Con quién trabaja? ¿Sobre qué investigan Matilde y los otros científicos que trabajan con ella? ¿Qué desean encontrar? ¿Para qué? ¿Por qué trabajan tantas personas en el laboratorio? ¿Por qué creen ustedes que Matilde escribió lo que observaron? ¿Qué sucedió ese día en el laboratorio? ¿Hace mucho tiempo que trabaja en lo mismo? ¿Para qué sirven los estudios que realizan?

¿Qué hace Matilde cuando no está trabajando en el laboratorio?

¿Conocen a algunos o algunas científicas? ¿Dónde los vieron?

Transcribimos parte del diálogo generado en Nivel 5 años a partir del cuento:

Maestra: *–Les voy a contar un cuento de cosas que pasan en la vida real. No es un cuento de fantasía. El título es **Matilde, una científica...***

Niño: *–¿Científica?*

Niño: *–¿Matilde? ¿Matilde?*

Maestra: *–Matilde es el nombre de una científica. ¿Ustedes saben qué es una científica?*

Niño: *–Investiga cosas muy extrañas.*

Niña: *–Ciencias.*

Maestra: *–Que hace ciencias, quieren decir.*

Niño: *–Que busca cosas.*

Maestra: *–¿Qué cosas busca?*

Niño: *–Esqueletos.*

Niño: *–Algo que se les perdió a las personas.*

Niño: *–No busca cosas que se perdieron, investiga.*

Niño: *–Busca algo útil.*

Maestra: *–Útil, ¿para qué?*

Niño: *–Para hacer algo.*

Niño: *–Inventar algo.*

Maestra: *–Les voy a leer el cuento...*

[...]

Maestra: *–¿Qué sucedió ese día en el laboratorio?*

Niño: *–¡Hizo plaf y se armó la vacuna! Todos los científicos y las científicas fueron a mirar lo que pasó.*

Maestra: *–¿Así que no estaba sola en el laboratorio?*

Niño: *–No, con otros científicos.*

Niño: *–Porque en un laboratorio trabajan muchos científicos.*

Niño: *–Ella era la mejor científica.*

Maestra: *–¿Así que preparó una vacuna? ¿Y cómo era esa vacuna?*



Niño: *–Para adultos limpios.*

Niño: *–Para la gripe porcina.*

Niño: *–Era una vacuna de nariz, por si tenían alergia.*

[...]

Maestra: *–¿Hace mucho tiempo que trabajan en lo mismo?*

Niño: *–Sí, mucho.*

Maestra: *–¿Para qué sirve lo que están investigando?*

Niño: *–Para curar.*

[...]

Maestra: *–¿Será útil anotar?*

Niño: *–Para que se enteren de lo que pasó.*

Niño: *–Para un científico que no pudo observar.*

Maestra: *–Lo que Matilde escribe le sirve para recordar ella y para otros científicos.*

Maestra: *–¿Conocen algún científico o científica?*

Niño: *–Cuando iba paseando vi uno.*

Maestra: *–¿Por qué decís que era un científico?*

Niño: *–Porque tenían traje blanco.*

Niño: *–Usan distintos trajes para cada tipo de cosa. En un laboratorio. En la UTU.*

Niño: *–Yo vi, en Piriápolis, un laboratorio con muchos científicos.*

En **Quinto grado** se implementaron tres actividades, ya que al comenzar a trabajar sobre género nos encontramos con que los niños argumentaban que hay pocas mujeres trabajando en ciencia porque: eligen trabajar en otras cosas, por ejemplo, amas de casa, empleadas domésticas, maestras; los esposos no las dejan, tienen que hacer cosas en la casa; los hombres sirven más para las ciencias; los hombres son más inteligentes; son madres, no pueden dejar a los hijos; capaz que hay mujeres que lo intentan pero no llegan, porque se rinden o porque tienen hijos y eso...

En la *primera actividad*, el alumnado se divide en pequeños grupos, cada uno recibe diferentes materiales impresos: fotografías del Congreso Solvay, breve biografía de Lise Meitner, gráficas representando el porcentaje de investigadores por género en diferentes países americanos. Todos ellos mostraban la situación de la mujer en la actividad científica en diferentes tiempos, lugares y circunstancias. Las consignas dadas proponían analizar los materiales entregados desde ese ángulo. He aquí uno de esos materiales y parte de un testimonio.

Los **Congresos Solvay** son una serie de conferencias científicas que se celebran desde 1911. A comienzos del siglo XX, estos congresos reunían a los más grandes científicos de la época, permitiendo avances muy importantes en mecánica cuántica. Pudieron ser organizados gracias al mecenazgo de Ernest Solvay, químico e industrial belga.



Bruselas, Octubre 1927, Quinto Congreso Solvay – El tema principal fue “*Electrones y Fotones*”. Los mejores físicos mundiales discutieron sobre la recientemente formulada teoría cuántica.



Octubre 2008, 24º Congreso Solvay de Física

Después de un rato y sobre la base de las consultas realizadas por los alumnos, la maestra comienza a intervenir, haciendo preguntas que hacen pensar a los alumnos:

- ¿Qué diferencias ven en las fotos?
- ¿Cuántas mujeres hay en una y otra?
- ¿Estará relacionada el área de estudio con la falta de mujeres?

Los alumnos van manifestando:

- Hay pocas mujeres, ¿viste, maestra?
- Esta foto la sacaron con una computadora, refiriéndose a la foto a color.

En la puesta en común se promueve la concreción del objetivo a través del análisis comparativo de los diversos materiales. Se espera que cada grupo pueda aportar insumos para reflexionar y cuestionar el rol de la mujer en la actividad científica.

- Hay menos mujeres que hombres científicos. Se preguntan: ¿eso será porque en el mundo hay más hombres?
 - Hay menos mujeres científicas. Se preguntan: ¿por qué si tienen los mismos derechos?
 - Argumentan: las mujeres por elección trabajan en otras cosas, por ejemplo, amas de casa, empleadas domésticas, maestras.
 - Los esposos no las dejan, tienen que hacer cosas en la casa.
 - Las mujeres no son reconocidas, no eran importantes, tenían menos derechos que los hombres, eran más débiles. Los hombres sirven más para las ciencias.
 - En la más vieja hay una mujer y muchos hombres.
 - Hay pocas mujeres que "descubren" cosas nuevas.
 - Capaz que había una ley.
 - Capaz que se cortó el pelo o algo para... (refiriéndose al aspecto de M. Curie).
 - Los hombres son más inteligentes.
 - La mayoría de los descubrimientos los hicieron los hombres.
 - Las mujeres trabajan en la casa y los hombres afuera.
 - Los hombres investigan más.
 - Lise tuvo que pasar por muchas cosas para llegar a ser científica.
 - Si sacaran una foto acá en Uruguay habría más mujeres que allá, donde sacaron la foto.
 - No hay plata.
 - Son madres, no pueden dejar a los hijos.
 - Capaz que hay mujeres que lo intentan pero no llegan, porque se rinden o porque tienen hijos y eso...
- Por último se les pidió que realizaran una reflexión en forma escrita.

Fragmento del registro de la maestra observadora Ma. Cecilia Gesuele

La segunda actividad fue el visionado de la película *Más allá de los ojos*², a partir del minuto 11. Transcurre en la Primera Guerra Mundial, cuando los alemanes atacan Francia y avanzan hasta las cercanías de París. Relata los inconvenientes que Marie Curie tiene, por ser mujer, para utilizar el aparato de rayos X en los hospitales militares.

Se hace un comentario general en primera instancia y luego un trabajo más guiado para reflexionar sobre los aspectos específicos.

Dificultades que encuentra M. Curie:

- No la dejaban hacer su trabajo como científica porque era mujer.
- Los hombres no dejaban trabajar a las mujeres.
- La sacaron del hospital porque pensaban que lo que se veía (la bala) era un truco de la máquina; y también porque era mujer.

² Original en inglés: *More than Meets the Eye*, especial de televisión de la serie *The Inventors' Specials*, dirigido por Richard Mozer, estrenado en 1997.

La *tercera actividad* fue una entrevista a una bióloga del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. Esta actividad se realiza en dos etapas, una etapa de preparación sobre la base de la lectura del texto “Women in Science” (Van den Eynde, 1994:97-98), y otra de ejecución.

*A medida que se trabaja con el texto se va realizando un esquema en el pizarrón:
Mujeres científicas, dificultades: psicológicas, sociales (familia, institución)*

*Se les cuenta que va a venir a la clase una mujer científica.
Preguntan: ¿Y va a traer el “coso” blanco? ¿Y los frasquitos?*

Se les propone que en pequeños grupos confeccionen preguntas para realizarle a la científica, se socializan.

Elaboran preguntas referidas a:

- ▶ Lugar de trabajo
- ▶ Salario
- ▶ Familia
- ▶ Trabajo que realiza
- ▶ Dificultades a las que se enfrenta a diario

Fragmento del registro de la maestra observadora Ma. Cecilia Gesuele

En Montevideo y Canelones Costa fue una actividad presencial; en Soriano, la entrevista se realizó a través del *Skype*, virtualmente.



Conversando con la bióloga Macarena González



Bióloga Ma. José Albo

Los niños se muestran muy interesados cuando Ma. José les da más detalles de su labor como investigadora:

“Estudio unas arañas en las que el macho de araña le hace un regalito a la hembra para después copular, que es reproducirse, tener hijos. Las arañas tienen muchos hijos, pero sobreviven muy pocos, solo algunos llegan a adultos, esa es una estrategia de supervivencia. Lo que yo estudio es eso, son las estrategias con las cuales el macho y la hembra se reproducen, y el vínculo es el regalo nupcial, que es raro en los animales. Recién cuando empecé a estudiar en profundidad me di cuenta del mundo en el que ellos están sumergidos; el macho va a capturar una mosca, la envuelve en seda y después se pone a buscar una hembra; y cuando encuentra a la hembra le entrega el regalo, y la hembra acepta el regalo, o no, porque también lo puede rechazar. Y ahí se da la cópula, el macho transfiere el esperma a la hembra y la hembra tiene sus hijos.”

Respecto a ser científica plantea que lo más importante es que le gusta lo que hace, y el hacerlo sola o en equipo depende de que lo haga dentro de un proyecto o no. En los proyectos se agrupa con otras personas y coopera; pero también hace sus partes sola.

Luego le preguntan si es soltera o casada, si hay más mujeres u hombres en su lugar de trabajo.

“Somos mayoría... aunque no lo crean.”

María José explica que, si bien hay muchas mujeres en el instituto, los cargos de jefes de laboratorio están casi todos ocupados por hombres; en veinte cargos hay solo una mujer.

Cuenta que estudia y hace trabajos como científica en su casa, pero también realiza las tareas comunes: limpiar, cocinar, pasear al perro. En sus ratos libres dibuja, toca la guitarra o lee.

Otra idea que tienen los niños sobre los científicos y las científicas es que deben usar túnica o algún uniforme. Ante la pregunta, la bióloga responde:

“No tenemos uniforme. Gente que trabaja con productos químicos o que hace operaciones en animales, o que trabaja con cosas que se vayan a manchar, usa túnica. Nosotros no tenemos uniforme, así es como fui al instituto hoy, y me pasaron a buscar y vine.”

Al preguntarle sobre las posibilidades laborales y el salario manifiesta:

“El problema es que no es fácil conseguir un trabajo de biólogo porque el sistema todavía no está totalmente consolidado como para que haya trabajo para todos, entonces poca gente tiene trabajo. Los salarios no son buenos, por eso pienso que es importante que a uno le guste, si no, no lo hace, porque si es por el dinero no lo hacés, es porque hay algo que te lleva a hacer eso y es una satisfacción personal y no es por dinero...”

Luego detalla un poco más cuáles son las tareas que hace en su casa como científica. Como el trabajo científico es estricto, ha tenido que llevar las arañas a su casa para continuar las observaciones o experimentos. También trabaja mucho en la computadora.

Les explica la metodología científica haciendo referencias a su trabajo: formulación de preguntas e hipótesis, diseño experimental que pueda poner a prueba las hipótesis y que después de repetirlo muchas veces hay que escribirlo. Luego de discutirlo y escribirlo se publica en revistas nacionales o internacionales.

“Muchas de las tareas que yo me llevo a mi casa son para escribir.”

En congresos y encuentros se reúnen con personas de distintos países, que están estudiando lo mismo. Allí comparten, discuten.

“Porque la crítica a lo que uno hace es lo más importante en ciencias. Uno puede creer que su trabajo es maravilloso y de repente se lo da a alguien para leer y esa persona no opina lo mismo y puede indicar en qué se debe corregir o mejorar. Usualmente leemos trabajos de otros y sobre esa base tenemos nuestro punto de partida. Entonces los congresos están buenos para poder discutir y conocer gente, inclusive para hacer después otro tipo de trabajos. Por ejemplo, yo que fui a Dinamarca, los conocí en un congreso, allí hablamos de lo que estábamos haciendo y terminé yendo a hacer un trabajo en colaboración con ellos, lo cual enriquece un montón, por supuesto.”

También trabaja en cooperación con un investigador de Rio Grande do Sul. El científico tiene que estar conectado con el resto del mundo.

—¿Ha tenido dificultades para estudiar o trabajar como científica?

—“Sí, las sigo teniendo.”

—¿Por ser mujer?

—“Puede ser por ser mujer, puede ser por lo que estudio y puede ser porque lo que estudio en este país no es tan redituable como otras cosas. En el tema de género, como yo estoy en el instituto no lo siento tanto, lo único que sí puedo sentir es eso que se ha dado de que los jefes son todos hombres. Pero hay un desarrollo, las mujeres están trabajando y que van a llegar en algún momento a esos cargos es seguro, porque estamos viviendo un momento de cambio.”

**Fragmento de la entrevista a la bióloga Ma. José Albo
Registro de la maestra Miriam Márquez**

Eje: Características y producción del conocimiento científico

En este eje se diseñaron actividades de enseñanza relacionadas con las características del conocimiento científico y su proceso de producción.

Es una tarea colectiva, se realiza en diferentes contextos

En esta actividad en **Nivel 5 años**, los niños trabajan en equipos de 5 integrantes; a cada uno se le da una lámina para analizar dónde están trabajando los científicos y qué están estudiando, los instrumentos que utilizan en los trabajos, su sexo.



Durante la actividad, la maestra observadora Ma. del Rosario Bertolotto registra el siguiente diálogo en uno de los equipos.

Obs: –¿Qué investigan?

Niño: –Están investigando las enfermedades de las plantas..

Niño: –Uno escribe lo que ya descubrieron sobre la planta.

Obs: –¿Qué descubrieron?

Niño: –Que esa planta se puede comer, que son buenas.

Niño: –Están estudiando los tallos y las raíces para ponerlos en la maquinita.

Niño: –Si el jugo de la planta es ácido o fuerte, o dulce, y si se puede hacer algún remedio para curar una enfermedad.

En la puesta en común se busca precisar que no todos investigan lo mismo, ni trabajan en el mismo lugar, ni siempre lo hacen allí, tal como lo muestra este fragmento de registro realizado por la misma observadora.

Maestra: –¿Trabajan todos los científicos en el mismo lugar?

Niño: –No.

Niño: –Pueden en el mismo lugar.

Niño: –Pueden cambiar.

Maestra: –Sí, pueden trabajar en distintos escenarios,

Maestra: –¿Trabajan todos en lo mismo?

Niño: –No, algunos investigan rocas, otros el bosque.

Niño: –Estos en el fondo del mar, animales, plantas.

Niño: –Dos en el laboratorio.

Niño: –En un bosque.

Niño: –En el campo.

Niño: –En el agua, en el mar.

Maestra: –¿Entonces siempre trabajan en el mismo lugar?

Niño: –No pueden trabajar siempre en el mismo lugar.

Niño: –Los que están en el fondo del mar tienen que registrar y dentro del agua no pueden.



Maestra: –¿Qué instrumentos usan?
 Niño: –Lupas, microscopios, frascos.
 Niño: –Papel, lápiz, computadora.
 Niño: –Calibre para medir el tamaño del animal.
 Maestra: –¿Qué sexo tienen los científicos?
 Niño: –Hay científicos y científicas.
 Niño: –Se puede ver claramente.

En **Quinto grado** se propuso a los grupos interactuar directamente con el trabajo de investigación de un científico a través del encuentro con biólogos paleontólogos, que les explicaron cómo, dónde y por qué desarrollan su tarea.

Los tres grupos de Quinto grado se aproximaron al trabajo de biólogos paleontólogos, pero lo hicieron con distintas actividades: visionado del video “Entrevista a Ricardo Martínez: Cómo es el trabajo del paleontólogo”³, en el canal web de *National Geographic*; diálogo con un biólogo paleontólogo; y visionado del video grabado en la salida de campo de un grupo de paleontólogos en Soriano⁴.

La primera actividad se plantea en dos partes: mirar el video en una computadora portátil con pausas explicativas y, a partir de la información que aparece en la entrevista, completar un cuadro, en pequeños grupos, colocando las tarjetas que crean adecuadas en cada columna. Se deben descartar las que no correspondan y agregar la información que falte y crean relevante.

Tarjetas:

LABORATORIO – CAMPO – CAMPO Y LABORATORIO – TRABAJA EN EQUIPO –TRABAJA SOLO – TUBOS DE ENSAYO – MECHERO – CUADERNO DE NOTAS – COMPUTADORA – MÁQUINA DE FOTOS – MARTILLOS – PINCELES – MEDIR – CLASIFICAR – EXCAVAR – REALIZAR MEZCLAS DE SUSTANCIAS – REGISTRAR – BUSCAR EXPLICACIONES – INVENTAR

Resumen del registro en el cuadro por parte de cada equipo

LUGAR	Nº DE PERSONAS	REGISTRO	HERRAMIENTAS	ACTIVIDADES
1) Campo y laboratorio.	Trabaja en equipo.	Máquina de fotos, computadora y cuaderno de notas.	Martillo, pinceles. Martillo neumático y pinceles.	Medir, clasificar, excavar y registrar.
2) Campo y laboratorio.	Trabaja en equipo.	Cuaderno de notas, computadora y máquina de fotos.	Martillos, pinceles. Martillo neumático, venda y yeso.	Medir, clasificar, excavar. Hacer el bochón.
3) Campo y laboratorio.	Trabaja en equipo.	Registrar, cuaderno de notas.	Pinceles, máquina de fotos, martillo y mechero. Cinzel, yeso, vendas, GPS y martillo neumático.	Buscar explicaciones, clasificar y excavar.

Nota: Las palabras que aparecen con color no pertenecen a las tarjetas brindadas, fueron agregadas por los integrantes de cada equipo.

Fragmento del registro de la maestra observadora Ma. Natalia Pizzolanti

³ En línea: <http://www.natgeo.tv/ar/videos/view/17974898-entrevista-a-ricardo-martinez-como-es-el-trabajo-del-paleontologo>

⁴ Grabación realizada por la maestra Patricia Perazza en setiembre de 2009 y editada con la colaboración de la Inspección Departamental de Soriano.

En Montevideo y Canelones Costa, Andrés Rinderknecht, biólogo y curador de Paleontología del Museo Nacional de Historia Natural, estuvo en las clases. Explicó qué es la Paleontología, dónde y cómo trabaja un paleontólogo; relató la investigación realizada junto al Dr. Ernesto Blanco, con la cabeza de un roedor gigante, encontrada en una barranca de San José, que resultó ser de una especie desconocida hasta el momento y que llamaron *Josephaartigasia monesi*.

En Soriano, un equipo de biólogos y geólogos que estaban recuperando la colección del Museo Paleontológico “Alejandro Berro” en el Castillo Mauá, fueron entrevistados y filmados durante su trabajo por la maestra del grupo Patricia Perazza, video que posteriormente fue visionado y analizado en el aula.



El conocimiento científico es modélico y provisorio

Esta idea fue abordada solamente en los grupos de **Quinto grado** a través de dos actividades.

En la primera se propone al grupo clase trabajar con la consigna: *¿Por qué han cambiado los modelos sobre el universo?* El grupo se divide en equipos, y cada equipo selecciona un modelo para estudiar y analizar. La consigna fue:

- ▶ Ubiquen espacial y temporalmente al creador o a los creadores del modelo.
- ▶ Definan sus características.
- ▶ Identifiquen en qué se basa el modelo para formular sus explicaciones, cómo se llegó a su elaboración.
- ▶ Preparen una breve exposición para el plenario.

Al realizar la puesta en común:

- ▶ cada equipo explica el modelo;
- ▶ establecen semejanzas y diferencias.

En conjunto discuten y reflexionan sobre los cambios de modelo y sus razones.

La docente interviene para elaborar una aproximación al concepto de modelo.

En la segunda actividad se les propone la lectura “Crónica de cómo Plutón dejó de ser el noveno planeta. El encuentro de Praga” (Roca y Pérez, 2009:22-23).

Se plantean las siguientes preguntas para trabajar en equipos:

- 1) ¿Cuál es la propuesta que se presenta al comenzar el encuentro?
- 2) ¿Qué es lo que cambió en esa propuesta?
- 3) ¿Qué es lo que se proponen los astrónomos uruguayos?
- 4) ¿Qué características del conocimiento científico destacarías en este hecho?

Surgieron dificultades con la comprensión del texto, el trabajo se enlenteció y no se pudo llegar a pensar en profundidad la cuarta pregunta, que era la que sintetizaba el objetivo de la actividad. Quizás la selección del texto y las preguntas no fueron las adecuadas. Quizás la idea de que el conocimiento científico es provisorio, que por acuerdo humano algo que “era” para ellos –aunque fuese un nombre– dejase de serlo, fue un obstáculo demasiado grande.

Registro de la maestra observadora Ma. Cecilia Gesuele

Eje: Ciencia, tecnología y sociedad

Unas relaciones imprescindibles

Este eje solamente fue abordado en Quinto grado. Nos interesaba plantear que la relación entre la ciencia y la tecnología incide en la concepción de desarrollo sustentable; por eso las actividades se centraron en el estudio del INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), cuyos trabajos se realizan estrechamente vinculados al desarrollo productivo del país, a la comunidad.

Se analizaron los videos 107, 109, 110, 111 y 112⁵. Se priorizaron los cinco centros de investigación existentes, estaciones experimentales ubicadas en distintas regiones del país y las relaciones que establecen con el entorno, y sus producciones a través del desarrollo de la investigación, la tecnología y la innovación.



En síntesis

Estas actividades que hemos pincelado fueron nuestros primeros intentos por modificar algunas conceptualizaciones, en particular ciertos rasgos del estereotipo que habíamos encontrado. En unas actividades planteamos, en forma explícita, la enseñanza de ciertos aspectos de la naturaleza de la ciencia; en otras intentamos incluirla dentro de contenidos programáticos. Simplemente fue el inicio de un camino difícil y complejo que seguiremos recorriendo. ■

⁵ En línea: <http://www.inia.org.uy/online/site/videoteca.php>

A la búsqueda de cambios

El post-test

Ana Laura García | Ma. Natalia Pizzolanti

«...todos los programas de investigación surgen de una determinada perspectiva..., que necesariamente ilumina una parte del campo de la enseñanza, al mismo tiempo que ignora el resto.»

M. C. Wittrock (1989)

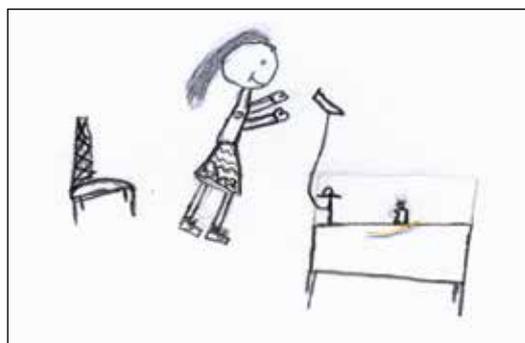
Llegando al final del camino, debíamos conocer si se habían producido o no cambios en la imagen de científico y de ciencia de nuestros alumnos. Para ello pensamos:

- ▶ Replicar la misma actividad del comienzo, es decir, solicitar a los niños que elaboraran un nuevo dibujo con la misma consigna, en el que deberían tener en cuenta lo trabajado. De esta manera podíamos, al comparar el dibujo inicial con el final, constatar la existencia o no de cambios provocados por las intervenciones realizadas.
- ▶ Entregar un dibujo del pre-test para realizarle los cambios que considerasen necesarios a fin de adecuarlo a la consigna; fundamentar las modificaciones. En esta variante propuesta por una compañera, si bien perdíamos el registro de los avances niño por niño, ganábamos en el análisis de los argumentos que pondrían en juego para fundamentar la elección de los cambios. La entrevista posterior al dibujo volvía a ser esencial, nos permitiría la comparación entre el pre-test y el post-test.

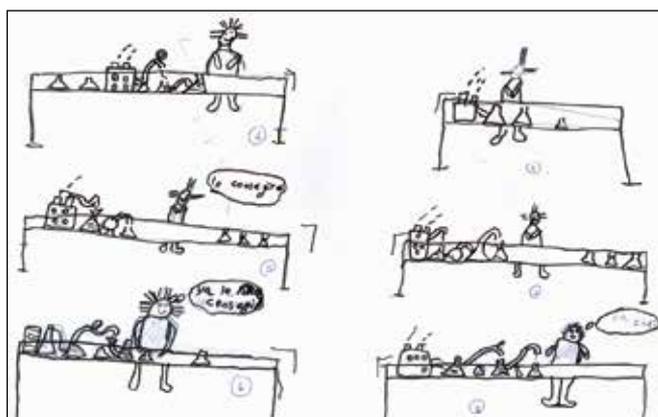
Optamos por esta segunda modalidad.

Los materiales utilizados

La selección de los dibujos fue muy importante. Debían reunir determinadas características que consideramos esenciales: una clara definición gráfica y mayoría de categorías no deseables de científico y de ciencia. Así posibilitábamos la elaboración de argumentaciones que nos permitirían analizar con mayor claridad los cambios, acaecidos o no, en las conceptualizaciones.



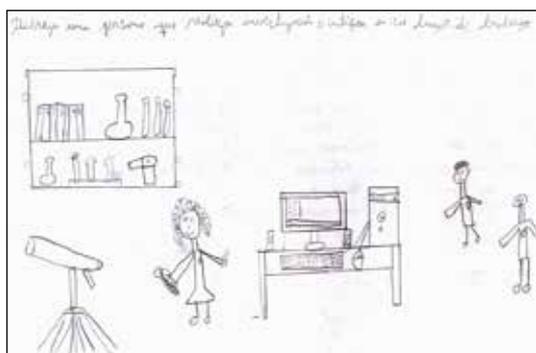
Jessica – 5º grado



Facundo – 5º grado
 “Ya casi
 Lo conseguiré
 ¡Ya lo conseguí!”

La mayoría de los dibujos seleccionados mostraban científicos trabajando solos; en general con túnica, lentes y pelos parados; encerrados en un laboratorio, rodeados por instrumental de Química. Algún dibujo mostraba científicas o varios científicos, pero en este caso realizando tareas independientes.

La actividad solicitada implicaba valorar la adecuación del dibujo a la consigna original. Debían confirmar o modificar la imagen estereotipada que se les había dado, fundamentando sus decisiones. Para ello fue necesario considerar varios aspectos: sexo, vestimenta, forma de trabajo, vínculos, campo de investigación, metodología, instrumental, lugar de trabajo, etc.



Braulio – 5º grado



Rodrigo – 5º grado

Casi todos los dibujos seleccionados fueron de alumnos de Quinto grado. Tuvimos especial cuidado de que el autor del dibujo no perteneciese al grupo.

Las modalidades de aplicación

El post-test tuvo distintas aplicaciones dependiendo de los niveles y las clases.

Nivel 5 años

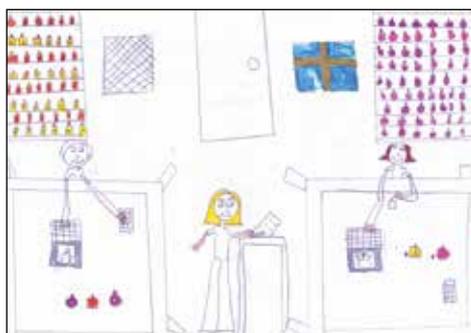
Se dividió la clase en cuatro subgrupos.

Se retomaron los trabajos realizados en el pre-test y la consigna: *Dibuja uno o varios científicos o científicas, y lo que están haciendo.*

Luego se les plantea la actividad: *trabajar con dibujos realizados por niños de Quinto grado.* Se les propone reflexionar: *el dibujo, ¿es adecuado a la consigna?, ¿agregarían algo?, ¿qué?, ¿por qué?, ¿cambiarían algo?, ¿qué?, ¿por qué?*

Se distribuye el material, un dibujo por grupo, dándoles todo el tiempo que necesiten para esta instancia de trabajo.

Por último, cada grupo socializa lo realizado; la maestra y la observadora registran, preguntan, a medida que se realiza el análisis por parte de los niños.



¿El dibujo responde a la consigna?	¿Por qué?	¿Qué agregarían?	¿Por qué?	¿Qué cambiarían?	¿Por qué?
Sí	Porque hay varios, y de los dos (sexos).	Lupas, microscopios, pinzas.	Porque son cosas que necesitan para trabajar con las vacunas.		
		Computadora.	Para buscar en internet. Para comunicarse.		
Resto del grupo: No	Resto del grupo: Porque no se sabe lo que están haciendo.	Algo para la cara (máscara).	Para protegerse.		

Registro realizado por la maestra Marlene Achigar y la maestra observadora Ma. Cristina Borges

En este caso, el colectivo no acuerda con lo expuesto por el grupo respecto al cumplimiento de la consigna, considerando que no está suficientemente claro lo que están haciendo.

El grupo que trabajó con el dibujo expresa que están trabajando con vacunas.

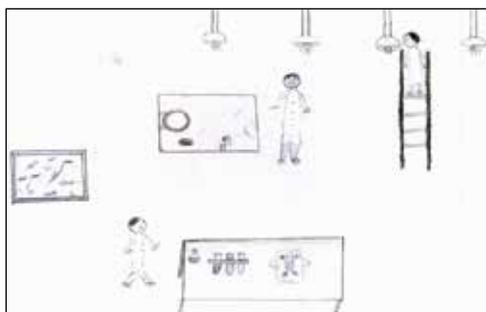
Segundo grado

Se organiza el grupo en duplas.

Se les recuerda la consigna y el dibujo que habían realizado.

A cada dupla se le entrega el dibujo realizado por un niño de Quinto grado:

“¿Qué modificaciones le harías al dibujo de este compañero para que la persona o personas que están allí sigan representando a uno o varios científicos o científicas, y lo que hacen?”



Dibujo entregado a la dupla 11

Se les pide que lo analicen, intercambien ideas y vuelvan a dibujar otro pensando en: ¿Qué le sacarían?, ¿por qué? ¿Qué le agregarían?, ¿por qué? ¿Qué le cambiarían?, ¿por qué?

Por último, la maestra o la observadora realizan una entrevista a cada dupla para recabar información sobre los fundamentos usados y registran los cambios así como las permanencias.



Florencia – 2º grado

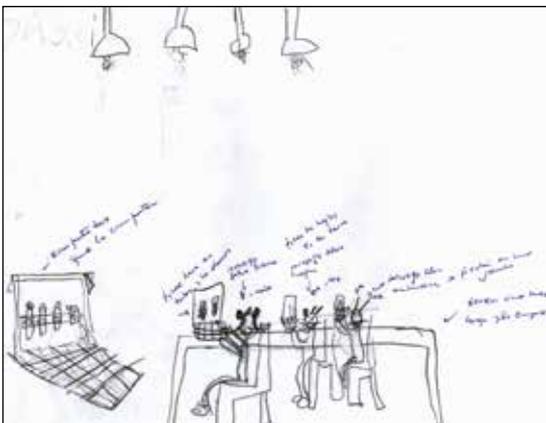
“Hoy estaban trabajando sobre el agua, se iban a investigar a una isla por una semana y llevaban: la mujer, una bolsa, pinzas, microscopio, lupas, largavistas, comida y oxígeno, porque podrían andar bajo el agua. El hombre, lleva dos bolsas con lentes de mucho aumento, hojas para escribir, lápiz, regla, tijera. Aquí estaban preparando todo para ir a la isla.”

Modifica: cantidad de personas, dibuja dos, una de ellas de sexo femenino y la otra de sexo masculino, de veinte y veintidós años respectivamente.

Agrega: computadora y calculadora.

Mantiene:

- ▶ **Vestimenta:** túnica, de colores diferentes cada uno: amarillo y rojo.
- ▶ **Espacio físico:** laboratorio.



Micaela – 2º grado

“Están trabajando en una oficina, a veces trabajan afuera. Los tres están vestidos de azul con un traje entero. Trabajan en una mesa larga que la comparten, y en otra mesa está la computadora que también comparten.”

Mantiene:

- ▶ **El número de científicos.**
- ▶ **La iluminación.**

Modifica:

- ▶ **Género:** dos hombres y una mujer.
- ▶ **Edades:** los hombres: aproximadamente veinte años. En la mujer se representa, es “una niña”.

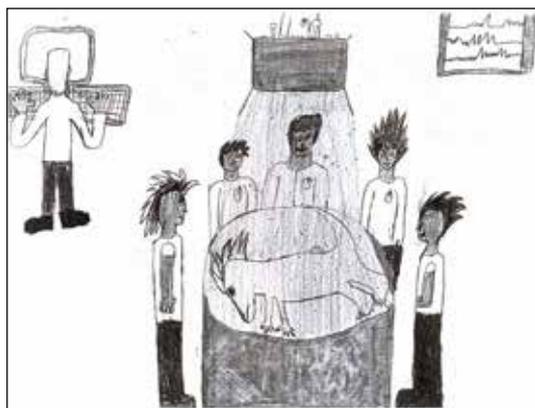
Quinto grado

En este caso analizan dibujos de niños de su misma edad, pero de otros grupos de Quinto grado que participaron de la investigación.

■ **Grupo A** (Montevideo): trabajó en pequeños grupos. A cada grupo se le propone que analicen un dibujo hecho por un compañero de otro Quinto grado, piensen qué corregirían, qué sacarían o qué agregarían, para que el dibujo cumpla con la consigna.

Los niños registran, en una hoja, lo que piensan.

Por último, la maestra realiza una entrevista.



*“Cambiaríamos el pelo de los científicos y la computadora.
Agregaríamos una puerta, una ventana, herramientas de científicos y pondríamos más fórmulas.”*

–¿Qué les pareció? ¿Qué están haciendo en ese dibujo? ¿Quiénes son?

–Son científicos que andan investigando un fósil de dinosaurio.

–¿Y todos habrán estudiado lo mismo?

–No sé.

–¿Qué cambiarían?

–Cambiaríamos el pelo porque no parece de un científico; parece más bien de un dibujito.

–¿Y los científicos de qué manera tienen que tener el pelo?

–Así, bien peinado, no todo parado como tiene en este dibujo.

–O una gorra en la cabeza.

–¿Qué más cambiarían?

–Le pondríamos un mueble.

–Para poner los instrumentos.

–¿Qué más?

–Le cambiaríamos la computadora también... porque el teclado es tremendo...

–Y... pondríamos una puerta... no sé dónde...

–Y una ventana también, porque se van a morir asfixiados si no.

–¿En qué lugar están trabajando ellos?

–En una sala.

–¿De dónde?

–De un laboratorio.

–¿Qué edades tendrán esos científicos?

–Tendrán 20, 25, por ahí.

–18, 19... este 19 porque es más chiquito...

–¿Por qué el niño que dibujó hizo seis científicos en un lugar?

–No sabemos... porque no pensamos igual que el niño y capaz quiso hacer algún efecto...

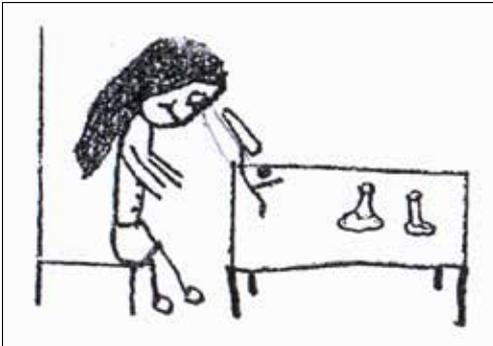
–Si ustedes corrigieran, ¿cuántos científicos pondrían?

–Tres.

–Yo le pondría cinco... Depende de lo que estén haciendo...

■ **Grupo B** (Canelones): realiza dos actividades.

La primera es igual a la de los otros grupos, pero resuelta individualmente. Deben analizar un dibujo hecho por un compañero de otro Quinto grado y escribir qué corregirían, qué sacarían o qué agregarían, para que el dibujo cumpla con la consigna. No hubo entrevista posterior.



–No le sacaría nada porque quedaría en blanco.

Sí le agregaría:

- Una computadora para investigar.
- Un cuaderno de notas para registrar.
- Un mueble para guardar las cosas.
- Un telescopio para mirar los planetas.
- Un ratoncito para probar experimentos.
- Más sustancias.
- Guantes para no infectarse.
- Un tapabocas para no contaminarse.
- Compañeros científicos.

Luego se les pide que realicen un nuevo dibujo, con la misma consigna del pre-test; al entregarlo, la maestra realiza una breve entrevista.

Agustina – 5° grado

–Son dos paleontólogos, un hombre y una mujer. Tienen alrededor de 30 años. Están vestidos con ropa común. Usan cuchillos y lupas para investigar el animal. Están en una oficina.



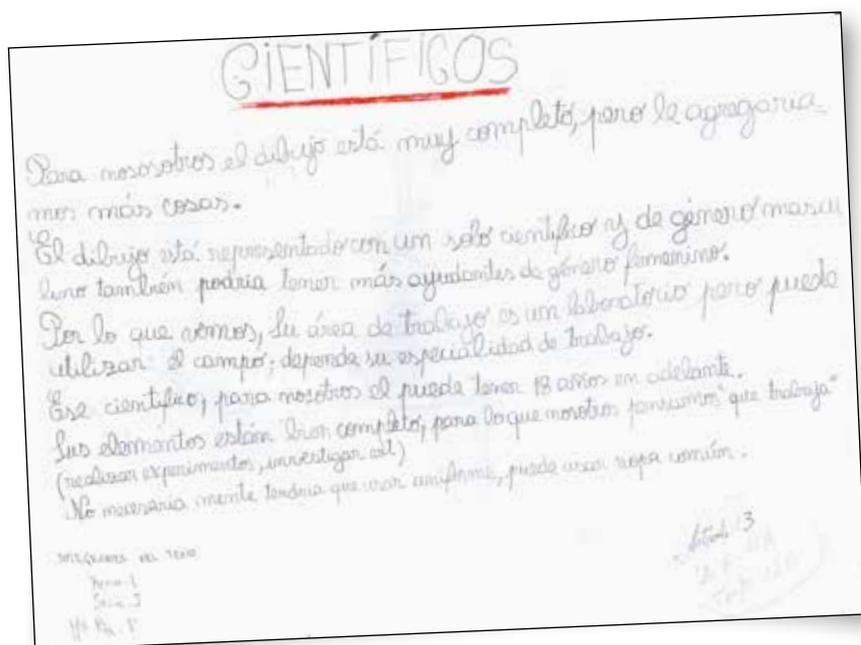
■ **Grupo C** (Soriano): realiza la actividad igual al Grupo A, pero los niños trabajaron en duplas. Cada dupla escribió los cambios que haría y los fundamentó. Luego expusieron sobre lo hecho ante el resto del grupo, y respondieron las preguntas que los compañeros y la maestra les plantearon.





“Para nosotros el dibujo está muy completo, pero le agregaríamos más cosas. El dibujo está representado con un solo científico y de género masculino, también podría tener más ayudantes de género femenino. Por lo que vemos, su área de trabajo es un laboratorio pero puede utilizar el campo; depende de su especialidad de trabajo. Ese científico, para nosotros él puede tener de 18 años en adelante. Sus elementos están bien completos, para lo que nosotros pensamos que trabaja (realizar experimentos, investigar, etc.). No necesariamente tendría que usar uniforme, puede usar ropa común.”

Kevin Jesús Ma. Pía



Cambios, ¿todo cambia?

Múltiples miradas a los resultados

Ana Laura García | Ma. Natalia Pizzolanti

«Hay que estar dispuesto a equivocarse muchas veces para tener éxito alguna vez.»

M. Curie (en E. Curie, 1942)

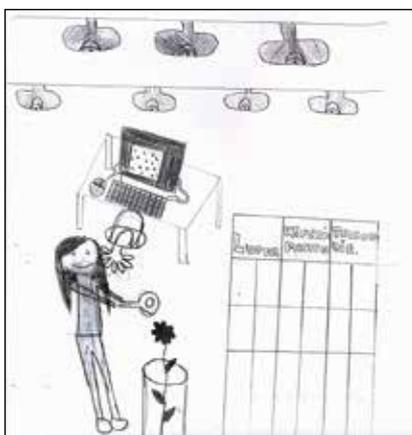
Las primeras miradas a las modificaciones que los niños proponían a los dibujos del pre-test y sus razones, nos indicaban cambios interesantes aun cuando no se hubiesen podido realizar, en ese grupo, todas las intervenciones planificadas.

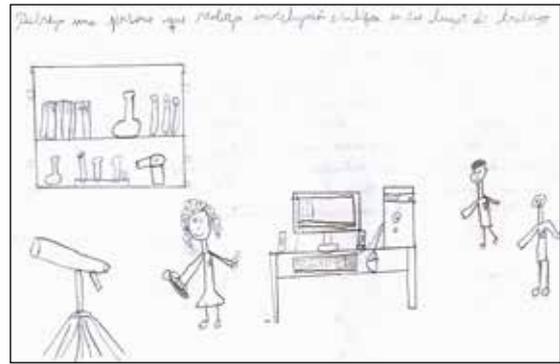
Recogimos esos cambios y los tabulamos, lo que nos permitió comparar resultados del post-test con el pre-test. En todos los grados encontramos avances, aunque no en la totalidad de los indicadores; casi no aparecieron retrocesos, sí estancamientos.

Sin embargo consideramos que la mayor riqueza estaba en los múltiples análisis cualitativos que, por un lado, nos brindaban los textos de las entrevistas; por otro, la relación que podíamos establecer entre las actividades planificadas, las intervenciones realizadas y las respuestas obtenidas, la correlación entre las características del dibujo asignado y las modificaciones propuestas, entre otros aspectos.

Si miramos el grupo de Nivel 5 años... qué y cómo cambia

El post-test fue realizado por 24 alumnos distribuidos en 4 grupos. Estos son los dibujos que la maestra eligió entre los seleccionados por el equipo.





Cada grupo recibió uno, pero la consigna fue la misma para todos: “Estos son dibujos realizados por niños de Quinto grado cuando se les pidió: ‘Dibuja uno o varios científicos o científicas, y lo que hacen’. ¿Les parece que dibujaron lo que se les pidió? ¿Agregarían algo? ¿Qué les parece que falta? ¿Cambiarían algo? ¿Qué modificarían?”. Mientras los grupos trabajaban, la maestra fue registrando los intercambios y preguntando las razones de los acuerdos o discrepancias.

Un primer análisis de las modificaciones que plantearon, permitió la siguiente comparación.

	IMAGEN DESEABLE				Cambio
	PRE-TEST		POST-TEST		
Género	11	52%	24	100%	+
Vestimenta	8	38%	Ninguno de los científicos de los cuatro dibujos vestía túnica. No la nombran, ¿no la agregarían?		¿+?
Lugar de trabajo	10	48%	No cambian el espacio		¿-?
Trabajo en colaboración	14	67%	18	75%	+
Número de científicos	18	86%	24	100%	+
Implementación del espacio	11	52%	24	100%	+
Instrumental	13	62%	18	75%	+

Sin embargo, más que un análisis cuantitativo nos interesaba analizar sus respuestas.

- ¿Cuáles eran las condiciones que debía reunir el dibujo para que los alumnos lo considerasen adecuado a la consigna?

Al analizar los registros encontramos que la aceptación o no del dibujo se basaba en los dos elementos que la consigna incluía: género y número de los científicos, la tarea.

Varios grupos priorizaron la presencia de una científica o de varios científicos, hombres y mujeres.

–Sí... porque dibujaron una científica; porque hay dos científicos y una científica; porque hay varios, y de los dos (sexos).

–NO... porque solo hay científicos.

Algunos niños de un grupo se centraron en la tarea del científico para definir la adecuación:

–NO... *porque no se sabe lo que están haciendo.*

Esta respuesta y otras similares nos hicieron pensar que no bastaba con seleccionar el dibujo por su claridad gráfica, sino que deberíamos haber dado al grupo toda la información que el autor del dibujo proporcionó, especialmente cuando se trabaja con niños tan pequeños.

Otros niños modifican la tarea representada, y señalan que debe ser una tarea colectiva y que no alcanza con hacer observaciones solamente.

–...trabajar juntos.

–...solo los están observando. *Tienen que saber cómo es el cuerpo y cuánto veneno tienen.*

Varios reiteran la necesidad del registro y de la computadora para comunicarse. Los instrumentos que agregan refieren al campo biológico que predomina.

► *¿Por qué mantienen el laboratorio o por qué razón no sugieren alguna actividad en otro contexto?*

No encontramos indicios, en las entrevistas del post-test, para elaborar una respuesta plausible. Esto nos llevó a estudiar las tres intervenciones que se habían realizado de las seis planificadas, y sus respectivos registros.

Dos de las intervenciones refieren al cuento: *“Matilde, una científica...”*, que trabaja en ¡un laboratorio!

La tercera fue un análisis y una comparación de los elementos que aparecían en fotografías, se trataba de científicos de distintas disciplinas trabajando en diferentes contextos; una de las fotografías era ¡un laboratorio!

Si consideramos que en las tres intervenciones realizadas aparece el laboratorio como un lugar donde trabajan científicos, podríamos pensar que los niños no tenían razones para rechazarlo en el post-test.

En síntesis, las tres intervenciones posibilitaron algunos avances en ciertos aspectos de la imagen de científico y su tarea, en cuanto:

- *al género* – agregaron científicos de ambos sexos;
- *al trabajo científico como tarea colectiva* – agregaron compañeros o compañeras para trabajar juntos;
- *a la importancia del registro* – agregaron lápices y hojas para dibujar y para anotar, más computadoras, *laptops* para todos porque una sola no da;
- *a que el trabajo del científico requiere de distintas actividades* – “no alcanza con observar”;
- *a que se comunica a los demás, se comparte información* – agregan computadoras para buscar en internet y comunicarse, bibliotecas para saber lo que hicieron otros, fotocopiadoras para fotocopiar cosas interesantes de otros.

Si comparamos el pre-test con el post-test del alumno... cambios en Segundo grado

Al igual que en Nivel 5 años, no pudieron realizarse las siete intervenciones planificadas. Al comienzo se llevaron a cabo dos: el cuento *“Matilde, una científica...”* y el visionado de una entrevista que la maestra del grupo había realizado a una científica. Pasaron poco más de

dos meses, y ya sobre fin de año se realizó una tercera de análisis y comparación, reflexionaron sobre semejanzas y diferencias entre Matilde, personaje del cuento, y Carolina, ambas “científicas”.



Transcribimos parte de los comentarios que hicieron:

–*A Carolina, la vimos, es de verdad. Matilde es de un cuento.* (Santiago)

–*Sí, Carolina habla con Ana.* (Melannie)

–*Ana la conoce y Carolina nos cuenta lo que hace, ella es la que habla.* (Gonzalo R.)

–*Ella nos dice que estudia inglés.* (Joselin P.)

–*Con sus compañeros, quieren curar y estudian.* (Emiliano)

–*Carolina no se pone nada cuando trabaja. –¿Cómo? –No usa túnica.*

–*Trabaja en una oficina con compañeros. A veces sola y otras con ellos.*

–*Matilde trabaja sola y después habla con otros científicos.*

Se había trabajado sobre muy pocos elementos; sin embargo y considerando el tiempo transcurrido, nos interesó aplicar el post-test como forma de conocer la incidencia de las intervenciones a largo plazo.

Si bien trabajaron en duplas para analizar el dibujo del compañero de Quinto grado, se les pidió que dibujasen individualmente las modificaciones. Esto nos permitió analizar si existieron o no cambios en cada niño.

Todos ellos recibieron un dibujo similar para analizar su adecuación a la consigna: científico trabajando solo; con uno o más rasgos típicos del estereotipo: lentes, calvo, barbudo o con pelos parados; en un laboratorio cerrado, con instrumental químico, peligroso.

Tabulados los cambios, el único en común es la incorporación o el mantenimiento de una científica; en las otras categorías de análisis, los avances son dispares.

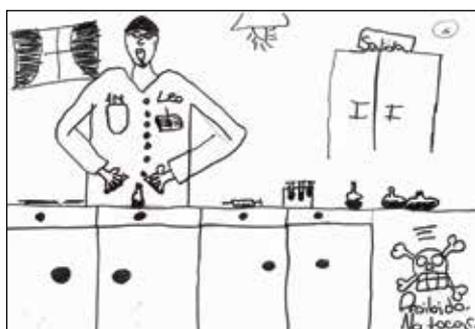
Elegimos, para compartir, los dibujos de niños que en el pre-test muestran distintos puntos de partida en su concepción de científico: su dibujo estaba fuera de consigna, o consideraban como científicos a niños, detectives o inventores.

Desde un pre-test fuera de consigna...

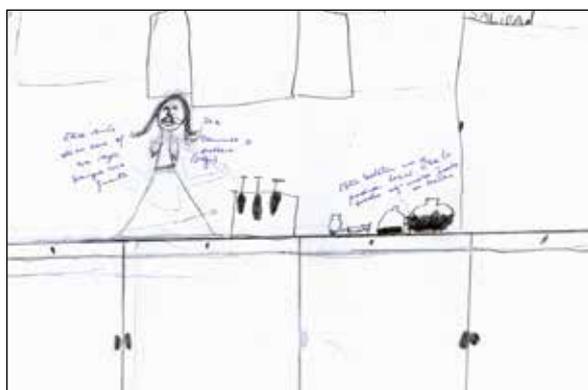


Pre-test de Joselyn

“Dos mujeres que van a la fábrica de pastas. Envuelven los raviolos y los fideos.”



Dibujo para analizar entregado en el post-test

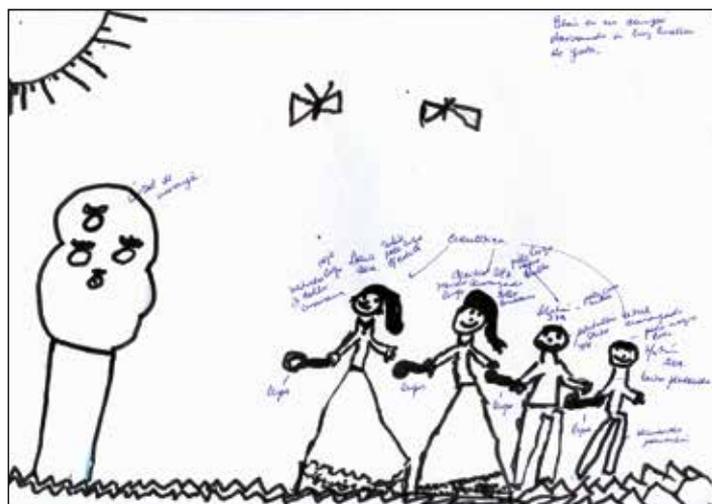


Dibujo realizado por Joselyn con las modificaciones que consideró necesarias

“Trabaja con la ropa que venía de su casa, pollera y camisa roja. Siempre usa guantes. Trabaja ella sola, en un laboratorio que vacunaban solamente a niños de una enfermedad del agua. Investigan el agua.”

Si analizamos las modificaciones, Joselyn mantiene el número de científicos, sus elementos de protección (tapabocas y guantes) y las características del contexto a las que asigna significado. Solamente modifica el sexo y la vestimenta. La científica investiga, prepara vacunas para curar niños (imagen estereotipada de ciencia como salvadora de la humanidad). Aparentemente, sus avances se dan solamente en dos indicadores, pero si comparamos con lo que dibujó en el pre-test, el cambio fue notable.

Desde la investigación científica como detectivesca...



Pre-test de Joselin
 “Están en el campo investigando si hay huellas de gatos. Son cuatro científicos jóvenes, dos mujeres y dos hombres, todos con lupa.”



Dibujo que debía analizar en el post-test



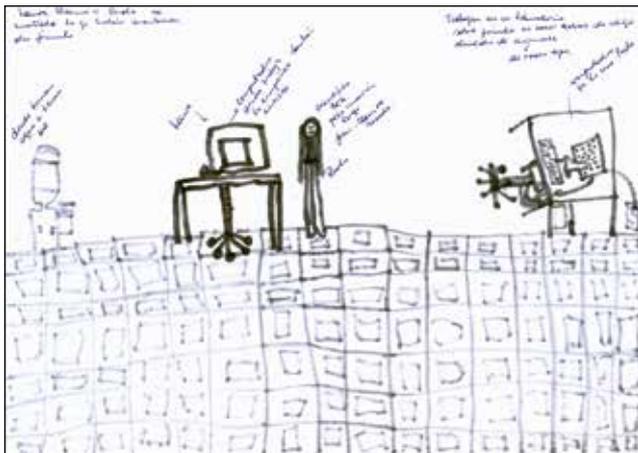
Realiza este dibujo para adecuar el recibido a la consigna
 “Trabaja en una oficina, a veces trabaja sola y otras con unos compañeros... A veces trabaja en otros lugares...”

Su maestra considera el dibujo y los comentarios casi como una transcripción del video. Mantiene el número, pero cambia el sexo del científico. Elimina la túnica, pero no el tapaboca. Mantiene el laboratorio, lo completa y lo abre al poner numerosas ventanas. Mantiene las plantas, pero al agregar computadora, teléfono, enchufes, parece recrear el ambiente de trabajo de la científica entrevistada.

Abandonó la conceptualización del científico como detective, pero se apegó al modelo proporcionado.



Desde el científico como descubridor...

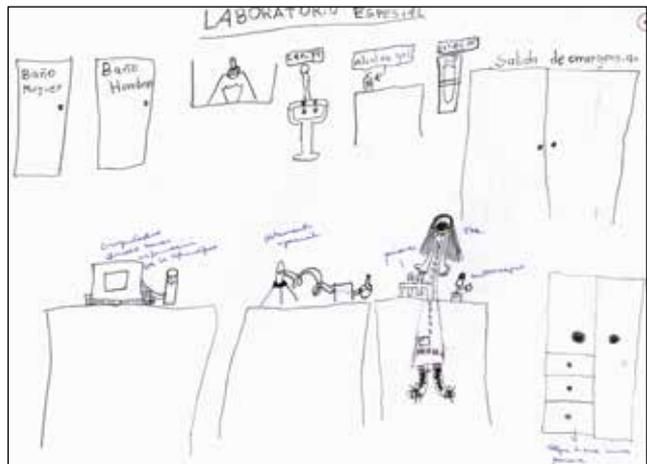


Pre-test de Camila

"Son dos científicas (35 años). Trabajan en un laboratorio sobre fórmulas para hacer remedios de todo tipo para los animales. Cada una tiene su computadora. Usan ropa común. Laura llama a Paola para mostrarle lo que había descubierto, otra fórmula."



Post-test que debió analizar



Realiza este dibujo que comenta así:

"Está en un laboratorio especial porque investiga cosas de la atmósfera, siempre trabaja allí. Siempre trabaja sola. Usa camisa larga blanca y pantalón negro. Cuando llega al trabajo se pone sobre la ropa como una bata blanca."

Modifica el sexo del científico, pero mantiene el número, la túnica y el tapaboca. Elimina los lentes. Conserva el laboratorio, pero lo complementa: salida de emergencia, extinguidor; lo considera "especial". Los baños hacen pensar que trabajan allí científicos de diferente sexo. Incorpora microscopio e instrumentos especiales. Si se compara con su dibujo del pre-test, hay algunos retrocesos. Nos llamó la atención un cambio en la palabra con la que describe la tarea del científico, lamentablemente no se profundizó en la entrevista; en el pre-test dice que las científicas "descubren", en el post-test dice que "investigan", ¿es consciente de la diferencia?

Cambios en Quinto grado, ¿adiós al estereotipo?

Cuando hicimos el pre-test, la imagen deseable de científico era casi inexistente entre el alumnado: solamente el 36% incluía mujeres y dibujaba dos o más personas; en poco más de la mitad de ese 36% se establecía un vínculo colaborativo; el 55% vestía la tradicional túnica blanca, y trabajaban fuera del laboratorio apenas en el 10% de los dibujos.

En los tres grupos se pudieron realizar las ocho intervenciones planificadas en los tres ejes.

Si consideramos las modificaciones que proponen y las nuevas representaciones que realizan desde cada uno de esos ejes, las intervenciones más exitosas en cuanto a los resultados obtenidos fueron, sin duda, las de género. La imagen deseable llega al 72%; en los dibujos aparecen ambos sexos, los niños explicitan la necesidad de la presencia de mujeres o de ambos sexos.

Sin embargo, una segunda mirada centrada ahora en los argumentos nos muestra justificaciones basadas en características femeninas –paciencia– o simplemente agregar ‘científicas’ para que “ayuden”, sin poder explicitar otras razones sobre su incorporación.

–Le agregaría más compañeros.

–¿Compañeros varones solamente?

–Y nenas...

–¿Y por qué mujeres? ¿Las mujeres trabajan en ciencias?

–Sí, muy pocas, pero trabajan.

–Las mujeres son más que los hombres, me parece.

–¿Esto tiene que ver con algo de lo que estudiamos en clase?, ¿qué habíamos visto?

–Que había menos mujeres trabajando en ciencias que hombres.

–¿Y María José que nos contó? ¿Dónde ella trabaja, ¿hay más hombres o más mujeres?

–Más mujeres.

–¿Se acuerdan de alguna cosa que les pasaba a las mujeres científicas?

–Sí, que si hacían algún trabajo, el hombre no hacía todo y recibía igual los premios.

–¿Y qué otra cosa?

–Una persona mujer.

–¿Por qué una mujer?

–Porque son todos hombres...

–¿Y qué te parece? ¿Por qué tiene que haber una mujer?

–Mmmm... no sé... ←

–...¿Y qué estaría haciendo la mujer si estuviera ahí?

–Eeh... ayudando. ←

–¿Qué más le agregarían?

–Cambiaríamos un hombre por una mujer, porque **la mujer tiene más paciencia...**

–¿Y hace mejor el trabajo?

–Sí.

–Y la mujer no se calienta si le sale mal...

–Y te parece que él se enojará si no le sale el experimento...

–No sé, pero los hombres son muy enojados...

En cuanto a los rasgos físicos, desaparecen los “pelos locos”, los lentes, los bigotes...; los científicos y las científicas tienen un aspecto normal.

–¿Qué cambiarían?

–Cambiaríamos el pelo, porque no parece de un científico; parece más bien de un dibujito.

–¿Y los científicos de qué manera tienen que tener el pelo?

–Así, bien peinado, no todo parado como tiene en este dibujo.

La actividad sobre las relaciones entre *Ciencia, tecnología y sociedad* no se vio reflejada en ningún aspecto del post-test. Es probable que el tipo de dibujo proporcionado para “mejorar” no favoreciese su aparición; también es cierto que en ninguna de las entrevistas fue introducido por las maestras.

Si miramos el post-test desde el eje *Características y producción del conocimiento científico*, este no aparece como modélico ni provisorio. Pero sí debemos destacar la manifestación de dos aspectos: uno de avance “es una tarea colectiva”, otro de resistencia al cambio “es una tarea experimental”.

En la mayoría de los dibujos es clara la incorporación de la idea de que es una tarea colectiva, si nos atenemos a que aparecen dos o más científicos y que expresan como modificación prioritaria el número de los mismos. Sin embargo, una segunda mirada pone de manifiesto algo similar a lo acontecido en género, predomina el “ayudar”, la relación de dependencia o el “porque es así” implícito en “*porque en la ciencia no se puede hacer todo sola*”, “*se hace todo en grupo*”.

–¿Por qué habrán dibujado tres personas, tres científicos?

–Este sería el que haría los experimentos, y estos serían, por ejemplo, los que si les piden tijeras, guantes, tapabocas, le alcanzan.

–¿Trabajan en equipo?

–Sí.

–¿Trabaja solo?

–Sí... a veces.

–De acuerdo a lo que vimos sobre los científicos, ¿qué podrían agregarle?

–Más científicos.

–¿Por qué?

–Porque así no trabaja solo.

–No tiene estilo en la ciencia...

–¿Qué quiere decir eso de que “no tiene estilo en la ciencia”?

–Porque no tiene compañero y porque lee un libro, está como solitaria.

–Está leyendo, ¿qué significa?

–Está como solitaria...

–¿Y leer no sería parte del trabajo científico?

–Sí...

–Pero ustedes le agregarían compañeros, ¿por qué?

–Porque en la ciencia no se puede hacer todo sola.

–Se hace todo en grupo.

-
- Sí.
 - ¿Por qué te parece que el niño dibujó a tres científicos?*
 - Porque... mmm... porque uno abre el sapo, el otro busca una fórmula, mientras otro está mirando en el microscopio...
 - ¿Se están ayudando, colaborando?*
 - Sí.

El otro aspecto que sobresale refiere a las tareas del científico y, contrariamente a lo presentado en las actividades, predomina la experimentación, ¡el estereotipo resiste!

-
- Experimentan con animales y las enfermedades hepatitis, varicela y diarrea.

-
- Hacen experimentos, tienen libros que usan para orientarse en cualquier investigación.
 - Por lo que se ve, ella está haciendo un experimento...
 - ¿Por qué?*
 - Porque tiene un tubo de ensayo.

-
- Era de un científico que estaba en la sala de experimentación...
 - Está haciendo un experimento de animales.

-
- Contame, ¿qué están haciendo estos científicos?*
 - Están experimentando.
 - ¿Con qué?*
 - Con sustancias.
 - ¿Qué hacen?*
 - Trabajaban en fórmulas.

-
- Todo científico tiene frascos en su laboratorio.
 - ¿Para qué?*
 - Si hace experimentos tiene que usar todas las sustancias para trabajar (justifica el laboratorio y el equipamiento de química).

Y con el estereotipo, las dos imágenes asociadas de ciencia, la catastrófica y la benefactora de la humanidad.

-
- Estudia cómo alterar el ADN humano y animal.

-
- Ellos trabajan con productos tóxicos
 - Agregaría más computadoras para saber los productos de intoxicación, mezclas peligrosas.

-
- Trabaja en química.
 - Y pensamos también agregarles tapabocas por los elementos tóxicos y esas cosas.
 - Él ahí está investigando, haciendo, por ejemplo, mezclar algo tóxico con otra que no es.

-Agustín está buscando la cura para... está intentando hacer una resolución para la medicina combinando cosas. Florencia está haciendo el envase del remedio...

-
- ¿Ustedes se pudieron imaginar qué investigaría esta científica?
 - Una persona que investiga una bacteria. Por la forma que tiene...
 - Como que esto es una bacteria y este es el microscopio.
 - ¿Y qué estará haciendo?
 - Leyendo, buscando información.
 - Buscando una fórmula para descubrir la bacteria.

En los tres grupos solo surgió una voz en contrario:

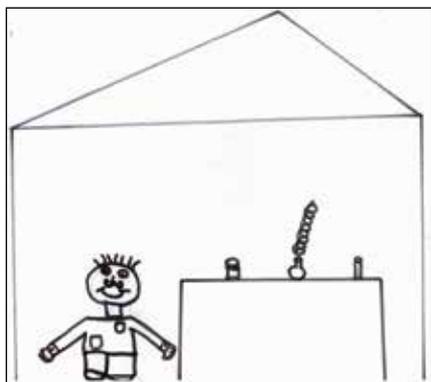
...no todos los científicos tienen que tener experimentos, pueden investigar con otros materiales.

Nuevamente nos cuestionamos si, al proporcionarles dibujos con rasgos tan definidos del estereotipo, no dificultamos la puesta en uso de las ideas recientemente elaboradas. Por ejemplo, muy pocos alumnos, ante la pregunta de si es necesario que estén en un laboratorio, responden:

- ...depende de su especialidad de trabajo.*
- ...no es necesario un laboratorio para investigar.*
- ...no es tan necesario que trabaje siempre en un laboratorio.*

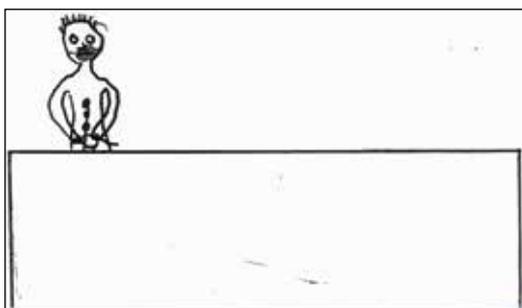
Una mirada al cambio individual

La modalidad aplicada en uno de los grupos nos permitió recoger evidencias de cambios a nivel individual.



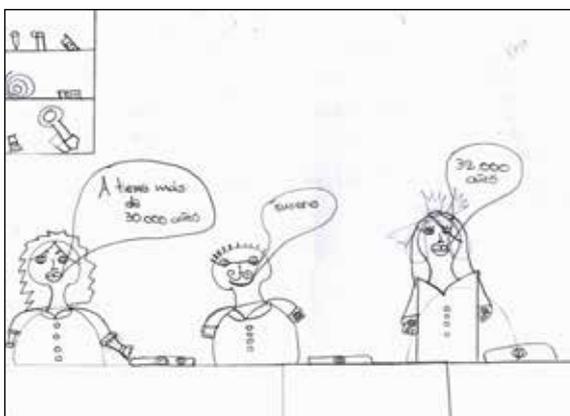
Pre-test de Natalia

“Es un científico, es hombre, me parece mejor, es más científico. Tiene 40 años porque los viejos saben más, queda mejor. Usa túnica porque hace experimentos. Busca que la gente que los tome tenga más vida, ayudarlos a ser más jóvenes. Trabaja en su laboratorio.”



Dibujo que debe analizar en el post-test
“Le agregaría más científicos. Tendría que definir qué investiga para así agregarle los muebles y las herramientas que necesite.
Si va a hacer experimentos le cambiaría el tapaboca por guantes.” (Natalia escribió las modificaciones que le haría)

Posteriormente, la maestra le pide que dibuje una persona que hace investigación científica, que muestre lo que ella piensa; usa la consigna del pre-test. Cuando lo entrega, la maestra la entrevista buscando determinar los argumentos en los que basó su nuevo dibujo.



Nuevo dibujo con la misma consigna

—¿Qué científicos dibujaste?

—Son tres paleontólogos, dos hombres y una mujer. El hombre es el jefe y tiene 52 años, las mujeres son jóvenes, 32 y 25.

—¿Qué están haciendo?

—Investigan un fósil, por eso están con túnica.

—¿Qué quieren saber?

—La edad, están en el laboratorio, allí tienen todas las herramientas cincel, martillo, pala, GPS, yeso, vendas y pincel. Todo lo tienen en el mueble para poder trabajar.

Al igual que en los niveles anteriores, los cambios más notables se dan en cuanto a la incorporación de la mujer y al aumento del número de científicos, aunque sin establecer claras relaciones en la realización de las tareas; también en la adecuación de la túnica y el laboratorio a la función desarrollada.

Primeras reflexiones

A grandes rasgos se podría decir que los cambios se manifestaron en dos dimensiones. Desde lo cognitivo, las imágenes finales fueron más precisas y adecuadas, disminuyeron los rasgos que hacen claramente al estereotipo. En lo afectivo, en lo actitudinal, fue claramente manifiesto el entusiasmo que las distintas actividades generaron, en especial, la presencia de científicos en el aula.

Estos resultados nos permiten identificar algunos cambios que podemos implementar en nuestras prácticas, punto de partida para perfeccionarlas.

Creo que las actividades pudieron interferir en sus conceptualizaciones y ayudaron a modificarlas. Para que los cambios sean profundos y a largo plazo, el trabajo debe hacerse desde Nivel Inicial y en forma sistemática.

Ana Laura – Maestra de 5° grado

Consideramos que [...] las intervenciones más significativas fueron aquellas en las que los alumnos se enfrentaron al científico, en esta clase, a través del video.

El hecho de ver a su maestra dialogando “mano a mano” con una científica que les contara sus distintas actividades, algunas de ellas que observan realizar a diario por su mamá o familiar en su casa, otras que conocen, como “estudiar inglés”, aunque ellos no lo hagan, les permitió “tener a su lado” a un científico. Este dejaba de ser un nombre o un título alejado de ellos y, por lo tanto, cuando hablamos de “hacer ciencias” nos acercamos a los estudios, trabajos que ellos realizan.

Ana Leticia – Maestra de 2° grado

Con respecto al grupo de Nivel Inicial en el que se realizó la investigación, estimo que los niños realizaron avances significativos y enriquecedores, producto de una intervención docente pertinente, meditada y planificada desde el equipo de investigación. Los alumnos, activos y curiosos, respondieron positiva y entusiastamente a las propuestas, potenciando las mismas.

Al mismo tiempo se trató de un período de aprendizaje y profundización también para mí, tanto en lo disciplinar, propio de las Ciencias Naturales, como en lo que respecta a la metodología de investigación. Esta debió ser considerada con una dimensión que no había tenido oportunidad de alcanzar antes en mi práctica. Ambos aspectos, así como el trabajo y la reflexión conjuntos realizados permanentemente en el equipo, fueron esenciales para el proceso.

Marlene – Maestra de Nivel 5 años

A través de actividades didácticas puntuales se pretendió intervenir en la concepción de ciencia y de científico que tenían los niños. Cada intervención tuvo una riqueza en sí misma y, sin dudas, generó aprendizajes. El post-test solo muestra parcialmente cuánto se modificó de la imagen de ciencia inicial, porque esta concepción de ciencia debe ser trabajada durante todo el recorrido escolar y, además, porque el tiempo del aprendizaje no coincide necesariamente con el tiempo de la enseñanza. Considero muy importante haber participado en la investigación con mi grupo de Quinto grado, porque los objetivos planteados y el diseño de las intervenciones implicaron una reflexión profunda sobre mis prácticas de enseñanza.

Miriam – Maestra de 5° grado

Fue muy satisfactorio verlos involucrarse y ser partícipes de la construcción de sus propias ideas. [...]

Una de las actividades que “marcó” a la mayoría fue la entrevista a la bióloga Macarena González, poder hablar con ella con la sencillez y claridad que lo hicieron y poder aclarar todas las dudas que tenían. [...]

Este trabajo se continuará en pro de una coherencia de todo el colectivo docente dando continuidad a lo iniciado.

Patricia – Maestra de 5° grado

Pistas para el aula

Al pensar actividades...

Ma. Cecilia Gesuele

«...A veces, el progreso se produce cuando alguien mira... con ojos nuevos»

D. Schattschneider (citada por Ramos De Robles, 2008)

«Las Ciencias de la Naturaleza tienen como objeto de estudio los fenómenos que ocurren en la naturaleza, su evolución, procesos e interacciones.» (ANEP. CEP, 2009:82)

El objetivo articulador, a partir del cual se presentan las Ciencias de la Naturaleza como una clase de saberes que el currículo debe abordar, reúne características específicas; por un lado, la explicación de fenómenos y, por otro, la determinación de problemas identificados como pertinentes. Lo que caracteriza el proceso de construcción de las ciencias es su permanente problematización del conocimiento que cree establecido. Si bien existen determinadas certezas, provisorias, que le dan cierta estabilidad, la actividad científica no es el desarrollo de esas certezas, sino la búsqueda de rupturas, fallas, problemas, que su actual nivel de conocimiento no puede resolver.

Aprender ciencia, entonces, es mucho más que adquirir información, es comprenderla, es construirla desde nuestros propios esquemas, siendo importante no solo por razones culturales, sino también cognitivas. La reestructuración cognitiva debería implicar la sustitución o modificación radical de las ideas de los alumnos, y fundamentalmente un cambio en la forma de concebirlas, de representarlas.

La ciencia también es una forma de hablar, que requiere de soportes o códigos comunicativos que los docentes deben manejar y los alumnos deberán interiorizar. Es importante ir más allá de enseñarles a los alumnos esquemas o principios generales, es necesario ayudarles a construir esos esquemas en dominios o contextos específicos como posible respuesta a determinados problemas, para que luego puedan generalizar o transferirlos a otros nuevos. Desde esta propuesta, los contenidos escolares no deberían ser un fin en sí mismo, sino una vía para desarrollar el cambio conceptual.

Debemos entonces pensar que hay propuestas de aprendizaje que resultan más facilitadoras que otras de este proceso constructivo.

Por su parte, Urse (2001) sostiene: «Uno de los obstáculos más difíciles de vencer es el que tiene que ver con la creencia de que el conocimiento se obtiene de una vez y para siempre y que sencillamente, sirve para conocer más, en un proceso acumulativo-expansivo, infinito y lineal. Es decir: de creer que cuando se “sabe” algo, ese algo sin ninguna modificación, va a servir para conocer más, sin tener en cuenta que muchas veces, para avanzar en el conocimiento, será necesario destruir o modificar lo que ya creíamos conocer».

Los invitamos, entonces, a recorrer estas páginas intentando pensar, rehacer, crear y, por sobre todas las cosas, potenciar un acercamiento a la ciencia que le posibilite al alumno posicionarse desde otro lugar aprendiendo ciencia y sobre ciencia.

Al pensar las intervenciones...

Entender la génesis de la ciencia como un proceso largo y complejo, de construcción de teorías y modelos explicativos en relación con los fenómenos naturales, es una de las metas que la educación debe afrontar. Diversos estudios han dado cuenta de que sin el conocimiento del contexto de producción de la ciencia, los estudiantes construyen una visión sobre ella que refuerza sus percepciones iniciales tales como: «*lo que se nos dice es una verdad incuestionable, todas las ideas son igualmente verdaderas, o no es importante conocer cómo han cambiado las teorías, sino la versión final, que es la válida*» (Sanmartí, 2003).

Sanmartí (2003) plantea que los estudiantes piensan que:

- ▶ las ciencias son un conocimiento muy difícil, al alcance solo de los más capacitados de la clase;
- ▶ lo que dice la ciencia es una verdad indiscutible que hay que saber repetir tal cual;
- ▶ las ciencias son un conjunto de fórmulas, ecuaciones, términos que no tienen nada que ver con la vida cotidiana;
- ▶ la experimentación y la teoría son dos actividades totalmente diferenciadas.

Creemos que nuestras clases de ciencia deben cambiar esta visión de científico y ciencia; ello, sin duda, nos permitirá lograr que aprendan ciencia y sobre ciencias.

Si miramos el programa escolar y los temas que allí aparecen, pareciera que explícitamente el abordaje de la ciencia como construcción no se encuentra. Sin embargo, teniendo como sustento los lineamientos teóricos del programa y sus objetivos, su abordaje resulta inevitable.

«Es primordial comprender que el enfoque histórico lleva a poner de manifiesto la dimensión humana de la ciencia, mostrando que detrás de ella están los hombres que la hicieron, promoviendo la conciencia del contexto y de los intereses de los diferentes actores.» (ANEP. CEP, 2009:82)

«Enseñar a reflexionar sobre la actividad científica como producción humana, histórica e ideológica.» (ANEP. CEP, 2009:91)

Es en este marco donde nos situamos, intentando leer el programa como un todo, buscando las posibles puertas de entrada para trabajar sobre la ciencia y su construcción.

Mirar el programa escolar con “otros ojos”

Por ser nuestros primeros intentos comencemos mirando el programa con “otros ojos”. Busquemos explicitar, junto a los contenidos, algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia.

A modo de un sencillo ejercicio, seleccionemos contenidos que durante su aprendizaje permitan o requieran responder alguna de estas tres grandes preguntas: *¿quiénes trabajan en ciencia?, ¿cómo lo hacen?, ¿dónde lo hacen?*

Para facilitar este *primer abordaje* acotemos los aspectos implícitos en sus posibles respuestas, podrían ser aquellos que la investigación mostró como las dificultades más frecuentes.

¿Quiénes trabajan en ciencia? Podríamos centrarnos en las características de las personas que trabajan en ciencia, poniendo énfasis en su ser persona así como en la importancia del trabajo en equipo que llevan adelante.

¿Cómo se trabaja en ciencia? Consideraremos al quehacer científico, entendiéndolo de acuerdo a lo planteado por Pujol (2003), como la capacidad humana de hacerse preguntas que accionan el pensamiento, la actividad, la comunicación, con el objetivo de buscar respuestas que permitan establecer leyes o teorías generales con las que explicar mejor el mundo físico y natural. En el marco de la enseñanza de la ciencia “escolar”, la destreza en el

uso de los procedimientos utilizados por la comunidad científica para seleccionar, observar, experimentar entre otros, es imprescindible. Señalaremos, a modo de ejemplo, los procedimientos que nos parezcan más relevantes para el aprendizaje de esos contenidos.

¿Dónde trabaja la ciencia? Las maneras de hacer de la ciencia son variadas y complejas, por lo tanto los lugares donde se realizan las investigaciones también serán diversos.

No es nuestra intención ser prescriptivos, los cuadros que siguen muestran algunas posibilidades.

NIVEL 5 AÑOS	CONTENIDO	¿QUIÉN LO INVESTIGA EN LA CIENCIA?	¿CÓMO LO HACE?	¿DÓNDE?
	El movimiento aparente del Sol	EL ASTRÓNOMO	- OBSERVACIÓN - MEDICIÓN - PREDICCIÓN	Fuera del observatorio astronómico

Este ejemplo permite reflexionar sobre otros aspectos interesantes vinculados a la historia de la Astronomía, a los problemas que son significativos en distintas épocas, a las preguntas que los científicos se hacen, por qué surgen en cierto contexto histórico y no en otros... Dicho de otra forma, ¿los astrónomos estudian hoy el movimiento aparente del Sol?, ¿cuándo lo hicieron?, ¿por qué?, ¿con qué instrumentos? Ambientar la enseñanza en la historia de la ciencia es un excelente recurso.

Si en una primera instancia, la incorporación integral de variados aspectos de la naturaleza de la ciencia a un contenido resulta algo compleja, les proponemos esta *segunda opción*, considerar una pregunta por vez como en los siguientes ejemplos.

	NIVEL 3 AÑOS	NIVEL 4 AÑOS	NIVEL 5 AÑOS
<i>¿Quiénes trabajan en ciencia?</i>	<i>El agua y otros elementos del suelo en su entorno próximo.</i> GEÓLOGO	<i>La locomoción en mamíferos y otros animales.</i> PALEONTÓLOGO	<i>El espectro solar visible.</i> FÍSICO
<i>¿Cómo se trabaja en ciencia?</i>	<i>Los colores sustractivos: los pigmentos.</i> - TRABAJO DE CAMPO en distintos ambientes - RECOLECCIÓN de MUESTRAS - OBSERVACIÓN	<i>Las propiedades organolépticas de sólidos y líquidos.</i> - EXPERIMENTACIÓN - OBSERVACIÓN - COMUNICACIÓN	<i>Los cambios del suelo por acción del agua.</i> - MODELIZACIÓN - USO de ANALOGÍAS - CONTROL de VARIABLES
<i>¿Dónde trabaja la ciencia?</i>		<i>La variación del tiempo atmosférico.</i> ESTACIÓN METEOROLÓGICA	<i>Los sistemas heterogéneos.</i> LABORATORIO

	Primer grado	Segundo grado	Tercer grado	Cuarto grado	Quinto grado	Sexto grado
¿Quiénes trabajan en ciencia?	La nutrición humana. BIÓLOGO Una estrella: el Sol. ASTRÓNOMO	Las soluciones: soluto, solvente. La filtración. QUÍMICO	Los órganos de una planta y sus funciones. BOTÁNICO	La fuerza elástica y la deformación. FÍSICO	La diversidad del suelo en el sistema Tierra. GEÓLOGO	El sistema Universo. ASTRÓNOMO
¿Cómo se trabaja en ciencia?	Los animales adaptaciones, exoesqueleto... - CLASIFICACIÓN - OBSERVACIÓN - COMUNICACIÓN	El aparato circulatorio. La frecuencia cardíaca. USO DE ANALOGÍAS	Las propiedades organolépticas de los materiales. - EXPERIMENTACIÓN - OBSERVACIÓN - REGISTRO	El ciclo hidrológico. MODELIZACIÓN	Las relaciones entre fuerza y movimiento. - TEORÍAS - LEYES	Teorías sobre el origen del Universo. SIMULACIONES
¿Dónde trabaja la ciencia?	Los elementos del tiempo atmosférico. ESTACIÓN METEOROLÓGICA	Los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo. - TRABAJO DE CAMPO en sierras, praderas... - LABORATORIO	Las adaptaciones de las plantas a los diferentes ambientes. - TRABAJO DE CAMPO en montañas, quebradas, médanos...	Constelaciones. OBSERVATORIO ASTRONÓMICO	La erosión eólica. - TRABAJO DE CAMPO en cerros, costa marítima...	Los fósiles. - TRABAJO DE CAMPO en barrancas, márgenes de arroyos...

Una *tercera opción* podría ser tomar como eje la figura del científico e ir considerando variados enfoques con distinta profundidad a lo largo de toda la escolaridad; esto requiere un acuerdo institucional que le dará fuerte coherencia al trabajo. Implica poner en el epicentro al científico natural y, a través de nuestras propuestas, poder romper con el estereotipo que los niños tienen y, con él, arrastrar la concepción inadecuada de ciencia.

Ante todo debemos posicionar al científico como una persona que, al igual que nosotros, tiene una familia, realiza actividades comunes, tiene sentimientos y conflictos personales, familiares y laborales; resaltar que científicos pueden ser tanto hombres como mujeres. Viven en lugares y momentos históricos determinados que condicionan sus intereses, valores y hasta sus historias personales como al resto de los mortales.

«[...] mostrar, por el contrario, que los científicos también hacen pis, se resfrían, aman y odian, tejen alianzas y se pelean, y trabajan en instituciones normales de la sociedad [...] Es decir que son sujetos sociales como todos los demás. Así, si entendemos a la ciencia como una actividad social, no la podemos imaginar como una cosa neutra y objetiva respecto de los valores, intereses, necesidades y conflictos de las sociedades: está completamente atravesada por ellos.» (Kreimer, 2009:140)

Como es una persona común, trabaja y percibe un salario. Su trabajo es “hacer ciencia”, es una empresa colectiva que realiza en diferentes lugares y con variadas metodologías.

«Los científicos son trabajadores que, como tales, se inscriben en un espacio de relaciones sociales en donde existen jerarquías, grupos sociales, conflictos, solidaridad, luchas, tradiciones y traiciones, amores y odios [...] Hoy parece un lugar común decir (y creer) que la ciencia es una actividad pública, más allá de la importante cantidad de investigaciones que se realizan en ámbitos privados (en empresas) o que permanecen en secreto (por razones generalmente militares o industriales)» (Kreimer, 2009:100)

Si cruzamos estas ideas con un eje temporal, no siempre fue así. Pensemos en Arquímedes, Copérnico, Galileo, son situaciones más parecidas a los mecenazgos, actividades claramente privadas e individuales. Sin ir tan atrás, nuestros primeros científicos, ¿qué carrera cursaron?, ¿existía la comunidad científica o el campo científico?, ¿quién les pagaba?, ¿por qué investigaban esas temáticas y no otras?, ¿quién lo decidía?

Sin embargo, hay curiosamente una constante entre el ayer y el hoy.

«...las peleas de la ciencia [...] Los científicos, gente al fin [...] no dejan de tener egos, envidias, ataques de ira y demás debilidades que hacen que el ring sea, muchas veces, el escenario más indicado para la historia de la ciencia. [...] Newton con Liebniz, (...) Edison y (...) Tesla, Lavoisier (...) y Priestley, (...) Galvani y Volta [...] ya es hora de asomar la cabeza por fuera del laboratorio y contar las maravillas, grandezas y miserias de la profesión.» (Nepote, 2011:8-9)

Existen varias películas que plantean la lucha de intereses, como *Y la banda siguió tocando* (1993).

Además de lo especificado es necesario pensar en actividades que muestren la variedad de metodologías que usa el científico en su trabajo, la relación que tiene con las temáticas que investiga; diferenciar rigurosidad metodológica, de secuencia rígida de pasos en la resolución del problema.

Directamente vinculado al quehacer del científico se encuentra su lugar de trabajo. El laboratorio es un indicador paradigmático del estereotipo por dos características: lugar cerrado, secreto, oscuro, de acceso limitado a pocas personas; lugar ordenado, donde se manipula sofisticado instrumental para observar o experimentar. Visitar los laboratorios de la UdelaR, del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, puede ser un buen recurso para comenzar a revertir esa representación.

«El laboratorio, como cualquier otro lugar social, es un espacio caótico, donde se superponen diferentes planos, intereses, discursos, prácticas, conflictos, sorpresas, etc. También existen rutinas establecidas como en cualquier otro ámbito: esas rutinas responden a una organización social en la que hay, por ejemplo, jerarquías y diferentes roles que desempeña la gente» (Kreimer, 2009:52)

El recurso más potente, de acuerdo a lo recogido en nuestra investigación, es la visita a la clase de uno o varios científicos. Puede realizarse con distintos propósitos y de ellos dependerá cómo se planifique.

Por ejemplo, previo a la visita se puede proponer una lluvia de ideas para que los niños expliciten cómo creen que es ese científico. Luego de la visita se puede comparar lo dicho con lo observado. Esta instancia permite contraponer nuevamente el estereotipo a la realidad.

Puede ser invitado para desarrollar una temática, pero la entrevista debe trascenderla. ¿Por qué investiga esa temática?, ¿cómo definió el problema?, ¿con quiénes trabaja?, ¿cómo discuten el problema?...

No puede faltar, por la influencia que tiene en nuestro imaginario, el análisis de la imagen de científico que muestran algunas películas: peligroso o pintoresco (*El profesor chiflado; Querida, encogí a los niños*, entre muchas otras), los dibujos animados (*Dexter; Phineas y Ferb; Sid, el niño científico*) y varias series de televisión como *CSI*, donde no existen las disciplinas, todos son “investigadores científicos”.

Como *última opción*, seguramente entre los lectores habrá quien se anime a pensar junto al colectivo docente cómo concretar el planteo que realizan Agustín Adúriz-Bravo y Yefrin Ariza en este mismo libro.

Considerar la enseñanza desde “otro lugar”

Incorporar la naturaleza de la ciencia a nuestras prácticas de enseñanza supone mirar algunos de sus aspectos desde otro lugar.

Quizás al leer los contenidos que integramos a la segunda pregunta: “¿Cómo se trabaja en ciencia?”, haya pensado: “Eso ya lo hago, siempre incluyo procedimientos”. No debemos confundir los procesos de la ciencia con la naturaleza de la ciencia.

«Por ejemplo, la calidad de los experimentos realizados por los estudiantes no tiene por qué ser representativa de un conocimiento reflexivo acerca de las características de la experimentación científica. Por lo tanto, una enseñanza basada en los procedimientos científicos [...] no implica necesariamente una buena comprensión de la NdC (Eick, 2000), aunque pueda proporcionar un contexto de aprendizaje adecuado.» (Acevedo Díaz, 2009a)

Enseñar los procedimientos desde la naturaleza de la ciencia requiere hacerlo, ya sea en forma aislada o incorporados en actividades de investigación científica escolar, pero siempre de manera explícita y reflexiva porque se trata de un metaconocimiento.

En términos generales, el pensar desde otro lugar nos interpela a enseñar la ciencia escolar «como un escenario que ha de ser creado por el docente de acuerdo con las condicionantes de la institución escolar, para que el alumnado pueda desarrollar estrategias científicas adecuadas a la etapa que está viviendo» (Chamizo e Izquierdo, 2005).

Podríamos resumir el cambio necesario, pensando que la importancia de la ciencia está en que plantea problemas y trata de resolverlos sin saber con certeza cómo hacerlo. Si llevamos esta idea al aula se redimensiona el valor de la pregunta del niño, sus respuestas tentativas, sus explicaciones provisorias en el camino hacia comprender los modelos científicos.

Pararnos en otro lugar implica poner al alumno a pensar sobre los recorridos que hacen los científicos, las particularidades de cada disciplina y la relevancia del camino seguido en la búsqueda de respuestas provisorias.

«Puede afirmarse que lo que caracteriza la actividad científica no es la existencia de un método científico único y universal, sino la búsqueda de estrategias que permitan encontrar respuestas a las preguntas que se han planteado.» (Pujol, 2003)

No olvidemos, al planificar, que la ciencia es una actividad humana influida por la sociedad, la cultura y la política de una determinada época; que el conocimiento científico es socio-histórico y provisorio; que existen temas controvertidos y de alto interés social. En otras palabras, la historia de la ciencia, el ayer y el hoy con sus conflictos y controversias, deben estar presentes.

Nos parece pertinente abordar las actividades científicas y tecnológicas que se realizan en nuestro país, para analizar su incidencia en y desde la sociedad, sus relaciones conflictivas o no; por ejemplo, los proyectos de megaminería, el puerto oceánico, las investigaciones que realiza el INIA¹ o el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable², nos parecen relevantes.

¹ <http://www.inia.org.uy/online/site21386411.php>

² <http://iibce.edu.uy>

También la Dirección Nacional de Hidrografía del Ministerio de Transporte y Obras Públicas³ ha realizado conjuntamente con Argentina y Brasil una investigación sobre el Acuífero Guaraní, de la cual se tomaron insumos para reglamentar su uso, y además planificar acciones futuras en relación a su cuidado y usufructo. Sugerimos el visionado del documental *El magnífico acuífero guaraní*. Es importante resaltar el aporte científico para el conocimiento del acuífero, así como su comportamiento, riesgos, etc. El reflexionar sobre la relación que allí se establece entre la producción científica y la sociedad nos permitirá tender puentes entre ambas.

Según Adúriz-Bravo (2011c), pensar la enseñanza de la ciencia con la incorporación de la naturaleza de la ciencia tiene al menos cuatro puntales didácticos: las narrativas y casos; la analogía y la metáfora; la inferencia abductiva y la argumentación; el debate y la controversia.

Al pensar nuestra formación

Nada de lo escrito es posible, si previamente no reconocemos que tenemos el derecho y el deber de formarnos en esta línea; estamos convencidos de que pensar y estudiar sobre la naturaleza de la ciencia incide positivamente, se convierte en «*un insumo profesionalizante de la práctica de enseñar*» (Adúriz-Bravo, 2011c) porque estructura los distintos componentes de nuestro saber docente en ciencia.

Si luego de recorrer estas páginas hemos logrado que piensen en la posibilidad de trabajar sobre la construcción científica, la misión está cumplida. Como dice la frase que seleccionamos para comenzar este capítulo, «...*miremos con ojos nuevos*...». Quienes hemos transitado por este nuevo mirar, introduciendo en nuestras clases la enseñanza de cómo se construye, quiénes la construyen y el para qué de la ciencia; quienes intentamos presentarles a nuestros alumnos una visión actualizada de lo que la ciencia es, dice y hace, tenemos certezas de que hemos abierto varias puertas, de que nuevas cuestiones comienzan a suceder en las clases de ciencia y en el abordaje de los contenidos. ■

³ CN@uruguay.sg-guarani.org

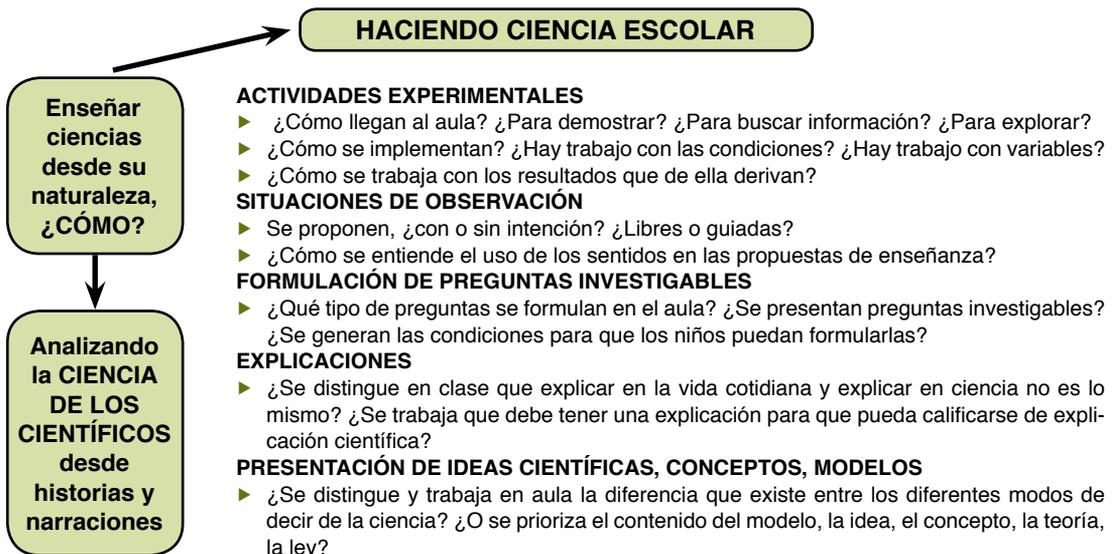
«Al andar se hace camino...»

A. Machado

En el presente trabajo nos proponemos ejemplificar desde la enseñanza, el uso explícito de la naturaleza de las ciencias acorde con lo planteado en “Enseñar a los niños ‘esa cosa llamada ciencia’”¹. Desde una descripción amplia (ver siguiente cuadro) que muestra diferentes instancias en las que se puede trabajar la naturaleza de la ciencia más allá del contenido escolar que el docente esté proponiendo, seleccionamos dos categorías para ejemplificar.

Ambas surgen de experiencias reales, trabajadas en el presente año con diferentes grupos de niños. A partir de los ejemplos buscamos mostrar que es posible que las clases de ciencia se constituyan en espacios de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia.

La primera refiere al análisis y a la discusión sobre una actividad experimental que tiene tradición escolar. La segunda trabaja un relato histórico. En ambos, el análisis se realiza priorizando la mirada desde la naturaleza de la ciencia.



¹ Capítulo 3 de esta publicación.

El cuadro que presentamos resume distintos aspectos de la enseñanza de la ciencia, en los que su naturaleza puede hacerse explícita.

La categorización está pensada desde lo que habitualmente se ve en las aulas. Aunque se ubican como aspectos independientes, el lector deberá entender que es solo a los efectos de puntualizar porque, de hecho, todos pueden –y deben– estar interrelacionados.

En el cuadro se cubren dos escenarios: haciendo ciencia en el aula (ciencia escolar) y analizando la ciencia de los científicos desde la Historia. En este último escenario es posible analizar los mismos aspectos que se señalan para la ciencia escolar, pero desde la perspectiva de la ciencia real.

A continuación se presentan dos ejemplos. El primero pertenece a la categoría **haciendo ciencia escolar**, y narra una actividad de tradición en la escuela que encierra una *supuesta* actividad experimental. El objeto con el que analizamos esta experiencia es el de mostrar fundamentalmente la idea de actividad experimental que subyace y, con ella, la noción de ciencia.

El segundo ejemplo pertenece a la categoría **analizando la ciencia de los científicos**. Transcribimos un hecho histórico desde un texto original que relata cómo Pasteur *da un golpe mortal*² a la generación espontánea. La actividad de aula consiste en una lectura compartida del narrador que nos cuenta la historia y del discurso original de Pasteur. Analizamos cómo, desde el discurso, puede “leerse” una concepción de ciencia propia de la época. Con esta historia, los alumnos podrán aprender no solo lo que suponía la creencia sobre la generación espontánea, sino –y quizás fundamentalmente– cómo se procedía científicamente en ese tiempo para que el conocimiento científico que se producía se validara como cierto.

Ambas situaciones responden a trabajos realizados con niños y en salas de maestros; por tanto, los comentarios que formulamos surgen desde la experiencia con ellos.

Ejemplo de tradición escolar: la experiencia de la vela³

La situación que narramos es real, corresponde a una novel docente (pocos años de recibida) que nos ha autorizado a usar su propuesta para ejemplificar algunos aspectos expuestos en el presente material. Agradecemos su gentileza.

La docente nos cuenta que está trabajando el tema del aire como mezcla y especialmente la composición, tanto en lo que refiere a los componentes como a las proporciones en las que se presentan esos componentes. Dice ser consciente de que no es sencillo comprender que el aire es una solución gaseosa. Entre las ideas que está trabajando en clase, está la que sostiene que en la atmósfera hay en general un 20% de oxígeno.

La actividad del día comienza cuando les cuenta a los niños que existe una experiencia que ha sido popular en las escuelas y que ella hizo cuando niña. Recuerda con cariño ese momento y les dice que con esa experiencia se pretendía probar la proporción de oxígeno que hay en el aire (20%). Les propone hacer la experiencia, pero con modificaciones. A cada equipo le entrega, junto con los materiales, las siguientes notas:

² Como se verá más adelante en el texto, es una expresión original.

³ Esta experiencia se elabora sobre la base del artículo “Enseñar a los niños ‘esa cosa llamada ciencia’”. Pensar la enseñanza desde el aprendizaje”, publicado en la revista *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 114 (Agosto 2012).

“Hay una experiencia tradicional en la escuela, que consiste en colocar agua en un plato como lo muestra la figura, colocar una vela encendida en el centro del plato y sobre ella un vaso invertido.

Al cabo de unos segundos, la vela se apaga y en ese momento sube el agua. Cuando se mide el volumen de agua que sube, vemos que esa cantidad es un quinto de volumen total del vaso. Esa experiencia tradicional parece probar la proporción de oxígeno en el aire.

En la mesa de trabajo tienen los materiales para hacerla. Realicen la experiencia primero colocando una vela, tal como aparece en los viejos manuales, luego utilizando dos y finalmente tres velas. Anoten los resultados.

¿Qué volumen recogieron en cada caso? Anoten las evidencias que perciben. ¿Cómo explican los resultados? ¿Es que en el aire hay más de un 20% de oxígeno? Discutan entre ustedes y elaboren una posible explicación.”



Algunas ideas a modo de análisis de la propuesta

Nos resulta interesante el contexto en el que se les propone la actividad a los niños. El hecho biográfico da lugar a un contexto de aprendizaje favorable, generando expectativas por parte de los alumnos.

No tenemos antecedentes –aunque los hemos buscado– respecto al origen de la experiencia. Sí sabemos, porque lo constatamos, que está escrita en el viejo manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias. Tal como ha circulado en los ambientes escolares, el “dispositivo experimental” busca probar lo que dice la bibliografía respecto al porcentaje de oxígeno de la atmósfera terrestre. Para ello, mientras los alumnos sigan el instructivo tal como se expone (una vela encendida, un plato con agua y un frasco), el oxígeno se consume y el agua sube. La explicación parece clara: el oxígeno se consume, el agua ocupa el lugar del oxígeno y sube en la misma proporción.

¿Qué concepción de ciencia subyace a una propuesta como esta? ¿Qué es lo que los alumnos aprenden respecto a la ciencia con esta experiencia?

En la explicación, tal como se planteaba en los manuales, quedaba por fuera el hecho de que en el mismo proceso de combustión se libera anhídrido carbónico, *sustancia también gaseosa que debería ocupar algún lugar.*

Serafini (1993) se cuestiona sobre la razón de cierta “ceguera” conceptual, en la medida en que existen diversas formas de probar lo erróneo de la explicación. Sugerimos su lectura.

Nuestra mirada focaliza otro aspecto de la experiencia y es el que refiere a la concepción de ciencia que subyace. La necesidad de “probar”, o “descubrir” el porcentaje de oxígeno que hay en la atmósfera, se corresponde con el modelo del descubrimiento que epistemológicamente sostiene que *la realidad está allí y hay que descubrirla, hay que interactuar directamente con la realidad a partir de la cual accedemos al conocimiento.* En este caso, interactuar no supone *intervenir o manipular* la realidad.

En ese marco, la actividad tiene al docente promoviendo el encuentro entre el fenómeno y los alumnos, y a los alumnos con una actitud de aprendizaje espontáneo.

La novel docente, conocedora de las inquietudes del señor K (Serafini, 1993), salió a la revisión conceptual de la propuesta tratando de cuestionar si efectivamente esa experiencia –vvida por ella– permite la afirmación sobre el porcentaje de oxígeno. Ella les propone modificar el dispositivo. Sabe que esa modificación posibilitará evidenciar otros resultados que se contradicen con la interpretación dada cuando se usa una sola vela. Cuando les formula, *¿cómo explican los resultados?*, manifiesta la idea de que la explicación que se tenía no era correcta. La modificación del dispositivo genera un conflicto entre *lo que se decía y la intención con que se decía, y lo que realmente dilucida el fenómeno.*

¿Es que en el aire hay más de un 20% de oxígeno? Los niños se ven enfrentados a un problema: tener que dar su propia explicación sabiendo que el porcentaje de oxígeno no está en discusión.

Si volvemos al cuadro donde se describen los modelos didácticos⁴ y nos detenemos en el *modelo por indagación*, veremos que la propuesta, así modificada, estaría en esa línea. Sería pertinente que en este punto nos formuláramos la siguiente pregunta, ¿cuál es el aprendizaje que la docente busca en sus alumnos? Podríamos responder que la docente busca que los niños aprendan:

- ▶ que un fenómeno, para conocerlo, requiere determinar las variables que en él intervienen;
- ▶ que de esas variables, unas inciden más que otras;
- ▶ que las explicaciones deben hacer referencia a las evidencias encontradas y enunciadas a través de las variables.

En síntesis, estas ideas tienen que ver con aprender *cómo hace la ciencia* para buscar explicaciones.

¿Y lo conceptual? ¿Es que alguna vez esa experiencia conducía a un aprendizaje conceptual? Los niños aprenderán que la vieja explicación en realidad *no explica*, que deben incorporar otra idea: la diferencia de temperatura puede provocar vacío y, con él, la contracción de volumen. Eso es lo que le ocurre al sistema gaseoso dentro de los frascos. La pregunta que surge desde la enseñanza es la siguiente: esa idea, ¿se descubre?

No, se construye y se maneja como posibilidad hasta que se pruebe su funcionalidad. Cuantas más velas, más diferencias de temperatura, más contracción de volumen, más sube el agua del plato. La nueva idea (la que dice que por diferencia de temperatura se provoca un vacío parcial) aparece para dar sentido al fenómeno, y es muy probable que sea la docente la que tenga que enunciarla. Ese aspecto no le quita valor a la propuesta.

Los alumnos encuentran que tiene sentido, entonces, preguntarse: ¿cómo se determina en el contexto científico que en la atmósfera hay un 20% de oxígeno?

El cuestionamiento recuerda la cita de Golombek (2008) expuesta anteriormente⁵: «*lo esencial no es qué sabemos sino cómo llegamos a saberlo*».

El lector se preguntará, ¿cuál es el sentido de esta reflexión? ¿Qué tanto importa saber cuál es la postura epistémica que predomina en el escenario escolar? La respuesta pasa por los mismos argumentos dados por Adúriz-Bravo cuando enfatiza la importancia de la epistemología en la formación inicial de docentes. Las finalidades de la educación científica básica están relacionadas directamente con este marco. Existen modelos que permiten aprender a pensar, y otros no. Nuevamente, ¿qué ciencia queremos enseñar? Si la respuesta es una ciencia que enseñe a mirar el mundo de otro modo, a cuestionar y buscar otras explicaciones que no son las de la vida cotidiana, queda claro que *la vieja* experiencia de la vela, tal como estaba formulada, no ayuda.

⁴ Capítulo 3 de esta publicación.

⁵ *ibid.*

Ejemplo para aprender la naturaleza de la ciencia desde la Historia

Escapa las posibilidades del presente material el justificar, desde diferentes lugares, lo valioso que es trabajar con los niños historias de la ciencia.

Como fue señalado anteriormente, nuestro propósito en este apartado es mostrar cómo es posible aprender sobre la naturaleza de la ciencia haciendo uso de un relato histórico. Lo que proponemos es una experiencia de lectura compartida en aula entre el docente y sus alumnos. Se trata de una lectura que se va cortando en determinados tramos, para socializar, intercambiar opiniones, sintetizar, ordenar, cuestionar.

El relato que se presenta contiene dos voces: la voz de un narrador, René Vallery Radot, que en 1900 publica un libro sobre la vida de Pasteur, y la voz de Pasteur a través de un texto que, según el narrador, testimonia palabras originales. Elegimos un tramo del libro para trabajar con los niños, donde este autor narra las circunstancias en las que Pasteur presenta, en la Sorbona, las pruebas que niegan la generación espontánea. El relato no solo nos ubica en el escenario de entonces, sino que nos transcribe las palabras originales pronunciadas por Pasteur en aquella oportunidad.



Transcribimos la lectura a partir de la página 162 del libro de René Vallery Radot.

«Habiéndose iniciado en la Sorbona una serie de conferencias vespertinas, era natural que se incluyera en el programa el tema de las generaciones espontáneas. El 7 de abril de 1864, Pasteur entraba en el amplio anfiteatro de la vieja Sorbona. Al hacerlo, recordó, posiblemente, que en los días de su juventud el auditorio se asemejaba al público de los teatros, por su impaciencia en escuchar la palabra de J. B. Dumas. El alumno de entonces, trocado en maestro, encontró un público aún más numeroso que invadía las gradas, desbordaba en los pasillos, y obstruía los corredores. Entre los profesores y estudiantes estaban Duruy, Alejandro Dumas padre, Jorge Sand y la princesa Matilde, y los personajes característicos de los círculos mundanos, que cultivan la conversación más que el afán de instruirse, y que quieren ver y sobre todo ser vistos, para tener de qué platicar en los salones. Era lo que ha dado en llamarse Todo París. A pesar de su frivolidad, “ese” París iba a tener una impresión de la cual conservaría perdurable recuerdo. Tenía ante sí a uno de esos hombres que no tratan de halagar al auditorio con exordios atractivos, a un hombre cuyo rostro severo expresaba energía y concentración mental. Pasteur empezó su conferencia con voz segura y grave:

“Con el espíritu atento asistimos hoy al debate de graves problemas: Unidad o pluralidad de razas humanas; creación del hombre hace miles de años o hace miles de

siglos; permanencia de las especies o transformación lenta y progresiva de unas en otras; la materia considerada externa, y la nada fuera de ella; inutilidad de la idea de Dios. Estas son algunas de las cuestiones libradas hoy a la discusión de los hombres.”

A continuación dijo que acababa de emprender el estudio de una cuestión accesible a la experiencia: ¿organizarse la materia por sí sola? ¿Pueden generarse, en este mundo, seres que no proceden de progenitores de la misma especie? Después de mostrar que la doctrina de la generación espontánea había perdido paulatinamente terreno, explicó cómo a fines del siglo XVII el microscopio le había procurado nuevos adeptos, con el descubrimiento de “numerosos seres de extrañas formas, cuyo origen parecía relacionarse estrechamente con la materia muerta, animal o vegetal, en estado de descomposición”. Expuso seguidamente que Pouchet, nuevo partidario de una vieja teoría, había incurrido en errores difíciles de reconocer a simple vista. Con perfecta claridad e ingeniosa sencillez, explicó que el polvo que flota en el aire tiene gérmenes de organismos inferiores y que los líquidos preservados de estos gérmenes se conservan indefinidamente sin alterarse. Oyéndolo discurrir así hubiérase creído que Pasteur se hallaba en plena labor en su pequeño laboratorio de la Escuela Normal y no en el gran anfiteatro de la Sorbona.

“He aquí –dijo– una infusión de materia orgánica, extremadamente alterable, y tan límpida como el agua destilada. Aunque fue preparada hoy, mañana ya contendrá mohos y animálculos infusorios.

Supongamos que se vierta un poco de esta infusión en un vaso de cuello largo y que se la haga hervir. Dejándola enfriar, observaremos, al cabo de algunos días, que se han desarrollados mohos y animálculos infusorios. Si bien la ebullición destruyó los gérmenes que contenía o estaban en las paredes del vaso, la infusión se altera, como todas las infusiones porque ha quedado en contacto con los gérmenes del aire.

Supongamos ahora que se repita la experiencia en iguales condiciones, y que antes de hacer hervir el contenido del balón se alargue su cuello, con un soplete hasta estrecharlo cuanto se pueda, pero sin cerrarlo, y que se haga hervir el líquido y se lo deje enfriar. Pues bien, el contenido del balón permanecerá inalterado, no sólo algunos días o meses sino uno, dos, tres y hasta cuatro años; esta es precisamente la duración que tiene la experiencia de la que hablo. El líquido se conserva tan límpido como el agua destilada. Ahora bien, ¿en qué se diferencia el contenido de los dos vasos? Ambos contienen el mismo líquido y ambos comunican con el aire exterior. ¿Por qué se altera uno y el otro no? La única diferencia consiste en que, en uno de los vasos, el polvo en suspensión en el aire entra por el gollete y llega hasta el líquido, donde los gérmenes arrastrados, al encontrar alimento apropiado para su desarrollo, dan origen a seres microscópicos; en el otro, es imposible o sumamente difícil, que el polvo penetre en él, a no ser que el aire se agite fuertemente. Mas ¿adónde va el polvo? Cuando el aire entre en el vaso por difusión o a causa de las variaciones de temperatura, penetra tan lentamente que el polvo y las partículas sólidas que contiene se depositan en el estrechamiento del gollete.

Esta experiencia es muy instructiva, pues muestra que cuanto contiene el aire, sea electricidad, magnetismo, ozono, o cualquiera otra cosa que ignoramos, con excepción del polvo, puede entrar fácilmente en el vaso y ponerse en contacto con el líquido. Para probar la veracidad de este aserto basta agitar repetidas veces el contenido del vaso y, al término de algunos días, este contendrá animálculos y mohos. ¿Por qué? Porque el aire, al entrar bruscamente en el vaso, arrastra consigo el polvo en suspensión. En consecuencia, señores, yo también podría decir al

mostraros este líquido: He tomado en la inmensidad del universo una gota de agua que contiene abundante materia fecunda, es decir, empleando el lenguaje de la ciencia, que contiene los elementos apropiados para el desarrollo de seres inferiores. Y espero, y la observo, y la interrogo, y le pido que se digne hacerme presenciar la primitiva creación. ¡Qué espectáculo tan hermoso sería! ¡Mas ella nada revela! Está muda desde hace muchos años –desde que se iniciaron estas experiencias–, porque yo he alejado, y aun alejo de ella, lo único que no le es dado producir al hombre; he alejado de ella los gérmenes que flotan en el aire, he alejado de ella la vida, ya que la vida es el germen y el germen es la vida. La doctrina de la generación espontánea no se repondrá jamás del golpe mortal que le asesta esta sencilla experiencia.”

El público aplaudió con entusiasmo las palabras finales de esta lección:

“No, hoy no se conoce ningún hecho que demuestre la existencia de seres microscópicos que no proceden de gérmenes o progenitores semejantes a ellos. Quienes sostienen lo contrario son juguete de ilusiones y de los resultados de experiencias cuyos errores no han sabido advertir o no han podido evitar.”»

Historia, naturaleza de la ciencia e intervención docente

El comienzo del relato permite imaginar lo que suponía el contexto científico de aquella época, y la vida social en París de 1864. Estos aspectos son importantes, porque contextualizan y permiten aprender que la presentación del conocimiento científico se da en un lugar, en cierto momento y por parte de determinadas personas. Puede verse, además, en qué condiciones se da la enunciación y compararlas con las de los tiempos actuales.

La primera transcripción de las palabras de Pasteur nos ubica en lo que eran las preocupaciones científicas del momento: «...*el debate de graves problemas: Unidad o pluralidad de razas humanas; creación del hombre hace miles de años o hace miles de siglos; permanencia de las especies o transformación lenta y progresiva de unas en otras; la materia considerada externa, y la nada fuera de ella; inutilidad de la idea de Dios. Estas son algunas de las cuestiones libradas hoy a la discusión de los hombres*».

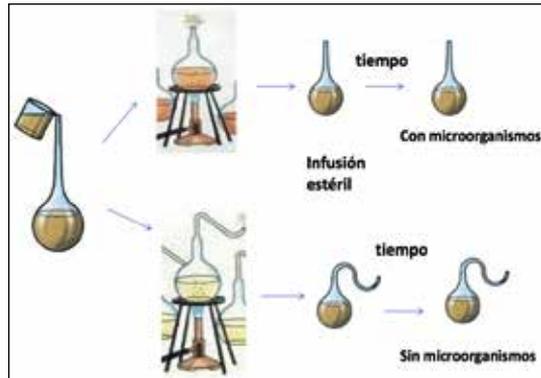
Luego aparece el problema y su formulación a través de la pregunta investigable: «*¿organizarse la materia por sí sola? ¿Pueden generarse, en este mundo, seres que no proceden de progenitores de la misma especie?*». Este es un ejemplo de pregunta investigable para la ciencia.

La lectura detenida en este punto permite la anticipación de los alumnos respecto a dos posturas; los que dicen que sí, representados por Pouchet, y los que dicen que no, representados en el texto por Pasteur. Pero, además, es importante detenerse porque el propio texto *define* lo que es generación espontánea (seres que no proceden de progenitores de la misma especie).

Los argumentos que Pasteur utiliza en el debate tienen que ver con la forma en que interpreta las evidencias: «*el polvo que flota en el aire tiene gérmenes de organismos inferiores y que los líquidos preservados de estos gérmenes se conservan indefinidamente sin alterarse*». Este tramo permite comprender lo importante que son las evidencias y cómo se articulan tanto para debatir como para explicar.

Luego aparece el discurso de Pasteur en su conjunto. Sugerimos varios cortes en el texto, que posibiliten comprender la experiencia y sus resultados. El primer corte sugerido para el trabajo con los alumnos facilita la descripción de la experiencia. La construcción de un esquema, al mismo tiempo que se va realizando la lectura, permite comprender el control

de variables en la experiencia. El cuadro que presentamos a continuación es el resultado de esa interpretación⁶:



Pasteur relata el dispositivo experimental. Describe y al mismo tiempo interpreta.

La comunicación no tiene las mismas características de las comunicaciones científicas de hoy, que responden a pautas y protocolos establecidos por la comunidad científica.

Con el cuadro armado y habiendo entendido el porqué de los recipientes con cuello de cisne, aparece una pregunta clave que permite dar sentido a sus resultados: «¿en qué se diferencia el contenido de los dos vasos? Ambos contienen el mismo líquido y ambos comunican con el aire exterior. ¿Por qué se altera uno y el otro no?». La pregunta así formulada requiere de una explicación. La evidencia es interpelada. Antes de continuar con la lectura se sugiere que los niños expliciten cómo lo explicarían ellos.

Pasteur responde a la pregunta que él mismo formula en público, y en su explicación nuevamente hace uso de las evidencias.

Si miramos este punto desde la enseñanza, resulta interesante detenerse y trabajar la relación que existe entre evidencias y explicación. Con este relato histórico vemos:

- ▶ un problema
- ▶ la creación de un modelo experimental que permite comprenderlo
- ▶ lo que supone el control de variables
- ▶ el trabajo con evidencias
- ▶ cómo aparece la explicación científica.

A manera de cierre, recuperamos palabras de Agustín Adúriz-Bravo

«La historia de la ciencia es una fuente de contenidos con diversos niveles de complejidad, sobre los que se puede reflexionar en forma fructífera. Se trata de una forma valiosa de contextualización de la naturaleza de la ciencia, puesto que, además, motiva a profesores y estudiantes y permite relaciones interdisciplinarias.» (Adúriz-Bravo, 2005a)

Tanto los aspectos motivacionales como los resultados en los aprendizajes, fueron claramente visualizados en las experiencias realizadas con diferentes grupos de niños del Tercer Nivel. ■

⁶ En las experiencias que hemos realizado con niños del Tercer Nivel, el esquema es una construcción colectiva que se va plasmando en el pizarrón. La elaboración del cuadro es uno de los momentos más potentes desde el aprendizaje.

¿El pez por la boca muere?

El hacer de la ciencia contado por sus autores

Presentación

A través de los capítulos hemos seguido “*pistas para pensar*” la ciencia y el quehacer del científico, ya fuese dentro de nuestro imaginario, en el de nuestros alumnos o en el de estudiantes de distintos lugares del mundo.

También hemos seguido posibles *pistas para pensar* el aula, sobre cómo cambiar o cómo crear intervenciones coherentes con las actuales concepciones de ciencia y de científico de las que estamos tan alejados; *pistas* que nos hablan de nuevas miradas y de nuevas historias para comenzar a modificar las conceptualizaciones como las representadas en dibujos como este:



Juan Manuel – 5º grado

Corresponde ahora escuchar las voces de los protagonistas de estas historias. Tres de nuestros científicos presentan su quehacer, los problemas que investigan, sus logros y sus dificultades. Todos ellos participaron del panel: “La construcción del conocimiento científico”, en el 1º Foro sobre Ciencia y Escuela, realizado durante el año 2011, pero lo hicieron en diferentes sedes: Gonzalo Tancredi expuso el 25 de junio en Montevideo, Pablo Toriño lo hizo el 17 de setiembre en Mercedes y Daniel Conde presentó su ponencia el 29 de octubre en Maldonado.

Los seleccionamos porque su forma de trabajar nos muestra lo opuesto a muchos rasgos del estereotipo: ninguno usa túnica, ni trabaja en un laboratorio, ni lo hace solo; alguno podría investigar sin observar directamente; para otros, la observación es la base de su hacer; sus campos de investigación no son los usuales, Astronomía, Paleontología y Ecología.

Aspiramos a que el lector encuentre en sus ponencias no solamente información sobre la ciencia que se realiza en nuestro país, sino fundamentalmente nuevas *pistas* sobre el quehacer del científico para incorporar a su labor docente, como la colaboración internacional, la convalidación del conocimiento, la divulgación, la participación ciudadana o la necesidad cada vez más imperiosa de un trabajo interdisciplinario que reclama aperturas personales e institucionales.

¿Cómo investigamos los astrónomos?

■ Gonzalo Tancredi

Transcripción de parte de la ponencia presentada en el 1^{er} Foro sobre Ciencia y Escuela: "Buscando coherencias entre contextos", 24 de junio de 2011, IPES, Montevideo.
Versión corregida y autorizada por el autor.

De forma similar a otras ramas de la ciencia, los astrónomos utilizamos diferentes metodologías para la investigación científica, básicamente tres: observación, análisis de bases de datos y modelado teórico.

Para observar los objetos del Universo usamos instrumental específico, principalmente telescopios y radiotelescopios, aunque más recientemente podemos incluir detectores de partículas.

Pero hay muchas investigaciones que se pueden hacer sin necesidad de estar detrás de un instrumento de observación; se realizan trabajando con todos los datos que se están recogiendo. Es la segunda metodología nombrada, el análisis de bases de datos, un trabajo posterior a la observación. Hoy, la cantidad de información que se está produciendo es impresionante, especialmente con las misiones espaciales.

Hay una tercera metodología de investigación, el modelado teórico, ya sea del movimiento de los objetos del Universo, lo que denominamos Mecánica Celeste, o de evolución y estructura física de los objetos del Universo, en el marco de lo que denominamos Astrofísica. Generalmente, estos modelos teóricos se hacen a través de simulaciones numéricas que requieren una gran capacidad computacional.

Para cualquiera de estas líneas de investigación se requiere una formación sólida, desarrollada en una muy amplia gama de temáticas; la relevancia de cada una dependerá del tema de investigación. En primera instancia, para ser astrónomos tenemos que ser físicos y tener una fuerte formación en Matemática. En los últimos tiempos, también formación en computación, ya que la mayor parte del procesamiento de la información y de las simulaciones numéricas se hace con *software* y *hardware* específicos; y en electrónica, ya que como cualquier físico experimental ha de conocer el instrumental con el que se trabaja. También se requieren conocimientos en ciencias afines como Geología, Geofísica y Química. Para el estudio sobre la posibilidad de vida extraterrestre, se requiere una fuerte interacción con la Biología y la Biofísica, lo que ha generado una nueva disciplina de gran desarrollo, denominada Astrobiología.

¿Qué objetos podemos observar?

El ámbito de estudio de los astrónomos son los objetos del Universo: objetos del Sistema Solar, estrellas, nubes del medio estelar, galaxias, observaciones cosmológicas que tratan de responder sobre el origen del Universo.

En nuestro caso, en el ámbito de la investigación astronómica en Uruguay, la principal área de investigación está referida a los objetos del Sistema Solar, por lo cual el grupo ha alcanzado un reconocimiento a nivel mundial como referente en esta temática. Esto ha conducido, por ejemplo, a tener una activa participación en la nueva definición de planeta adoptada por la Unión Astronómica Internacional. En el año 2006 se acordó una definición más precisa usando los conocimientos científicos que se disponían hasta el momento, por la cual se establecieron tres categorías de objetos dentro del Sistema Solar: los planetas, los "planetas enanos" y los cuerpos menores (asteroides, cometas y objetos transneptunianos). Los dos últimos conjuntos de objetos son los que nosotros estudiamos: planetas enanos y cuerpos menores del Sistema Solar. Nuestras líneas de investigación están vinculadas a las tres



metodologías que explicábamos anteriormente, aplicadas a estas poblaciones de objetos.

Existen millones de cuerpos menores orbitando en torno al Sol. Los asteroides son objetos rocosos que se encuentran principalmente entre las órbitas de Marte y Júpiter, conformando lo que se denomina cinturón de asteroides. En dicho cinturón se ubican alrededor de un millón de objetos, de los cuales quinientos mil ya han sido catalogados; la mayor parte de ellos han sido descubiertos

en los últimos veinte años. Ha habido un crecimiento exponencial de identificación de asteroides y cometas en las últimas décadas. Nuestro interés se centra en los asteroides que podrían chocar contra la Tierra con consecuencias catastróficas.

Los cometas son objetos constituidos por una mezcla de polvo rocoso e hielos de diferentes compuestos volátiles, principalmente hielo de agua. Se ubican en todo el Sistema Solar, pero provienen de las regiones más frías. Cuando se acercan al Sol, el hielo sublima (pasa a la fase gaseosa), lo que además libera polvo desde la superficie del objeto y da origen a las comas y colas que rodean a un cometa activo.

Si vamos hacia la región exterior del Sistema Solar, existen objetos que cruzan las órbitas de los planetas más exteriores, son los llamados objetos transneptunianos, descubiertos en las últimas dos décadas.

Estos tres grupos de cuerpos menores son los que estudiamos en el Uruguay.

¿Cómo los estudiamos?

Para hacer una observación de cuerpos menores, en primera instancia hay que hacer una planificación; saber qué vamos a observar, cómo lo haremos, con qué instrumental y cuándo.

Esa planificación puede ser semanal o diaria como la hacemos en el Observatorio Astronómico Los Molinos, saber qué vamos a observar en la noche. Quizás la planificación se haga con varios meses de antelación si, por ejemplo, queremos hacer la observación en alguno de los observatorios de la cordillera de los Andes, tanto en Chile como en Argentina. Para acceder a esos telescopios de mayor porte, debe pedirse un turno de observación con varios meses de anticipación. Generalmente se va hasta el lugar, pero actualmente se puede hacer la observación en forma remota. Las condiciones de observación son espectaculares, ya que estos observatorios se ubican en “la mitad de la nada”, alejados de cualquier contaminación lumínica, y porque tienen más de trescientos días despejados al año. Pero puede suceder que se planifique una observación con antelación y llegado ese día esté nublado, se pierde el turno y vuelven a correr varios meses antes de poder tener una nueva oportunidad.

Luego de la planificación, tenemos la observación en sí misma. La operación de los telescopios es muy similar, independientemente del tamaño del telescopio. En el presente, los astrónomos profesionales no hacen una observación visual (“no ponen el ojo atrás del telescopio”), sino que se utilizan diferentes detectores para captar la radiación proveniente del astro. El detector más usado hoy en día es la cámara CCD, que es similar a una cámara digital, pero con dos mejoras para la detección de objetos muy débiles: se enfría el detector a varias decenas de grados bajo 0 °C para minimizar las fuentes de ruido electrónico, y las imágenes son monocromáticas, en escala de grises, lo que aumenta la sensibilidad.



Posteriormente se hace el procesamiento de los datos, un trabajo que puede llevar horas o días de trabajo. Se obtiene información como, por ejemplo, la posición del objeto respecto a estrellas de referencia, el brillo del objeto y su variación temporal, su espectro (variación del brillo con la longitud de onda). En caso de objetos extendidos, como colas de cometas o galaxias, se puede estudiar la distribución espacial del brillo para identificar estructuras como *jets* o brazos espirales. Con los espectros podemos identificar la presencia de líneas de menor brillo, correspondientes a los compuestos químicos presentes en el objeto.

Finalmente se hace el reporte, se comunican los resultados a otros colegas. Se envían a organismos internacionales que recaban la información de todo el mundo o elaboramos artículos científicos para publicar en revistas especializadas. También se participa de congresos internacionales de especialistas en las respectivas temáticas. En Uruguay ya hemos organizado varios congresos con la participación de cientos de colegas de todas partes del mundo.

¿Qué técnicas usamos?

Estas son algunas de las técnicas observacionales que se usan en el Observatorio Astronómico Los Molinos (OALM):

- ▶ Búsqueda de nuevos objetos, descubrimiento.
- ▶ Monitoreo de objetos de interés, como el seguimiento de asteroides que pueden llegar a colisionar con la Tierra.
- ▶ Observaciones físicas, como medir el brillo (fotometría).
- ▶ Observación de ocultaciones de estrellas por asteroides y objetos transneptunianos.
- ▶ Observación de meteoros brillantes (bólidos).

¿Cómo se llevan adelante la búsqueda y el monitoreo de los nuevos asteroides y cometas?

Hasta fines del siglo XX se usaba un aparato específico para esa tarea, denominado “comparador de parpadeo”. Se ponían dos placas fotográficas con el mismo fondo de “estrellas fijas” sacadas en distintos momentos. Los asteroides se observaban como objetos puntuales, fácilmente confundibles con otras estrellas de campo. Se debía buscar el objeto que había cambiado su posición entre una y otra imagen. Hoy se puede hacer un procedimiento similar, pero en forma digital, mediante un *software* que automáticamente compara imágenes y detecta objetos en movimiento.

La experiencia nos indica que el ojo más la mente conforman una máquina que compite muy bien con los sistemas de *software* de detección automática. Si bien consume más tiempo, ya que implica horas de estar sentado frente a las imágenes, el procedimiento “manual” resulta muy eficiente.

También se monitorean objetos recientemente descubiertos por otros observatorios del mundo. Se participa de una comunidad internacional de astrónomos profesionales y aficionados que hacen el seguimiento de los nuevos objetos, con el fin de poder determinar la órbita con más precisión. Esta información es fundamental en el caso de un asteroide potencialmente peligroso, ya que mediante la detección de una órbita precisa se puede determinar la probabilidad de colisión con la Tierra.

En el hemisferio sur hay pocos observatorios que hagan búsquedas y monitoreos de asteroides y cometas, por lo que un observatorio pequeño como el nuestro ha hecho importantes aportes.

¿Qué son las observaciones fotométricas?

La determinación del brillo de un objeto se denomina fotometría. El brillo de un objeto se puede obtener a partir de una imagen digital donde aparecen algunas estrellas que se usan como referencia. Si registramos el brillo de un asteroide o cometa a lo largo de varias horas o días, podemos trazar la curva de luz, de la que se puede deducir el período de rotación y la forma del objeto.

¿Qué es una ocultación y cómo se observa?

Cuando un pequeño cuerpo del Sistema Solar se desplaza por delante de una estrella, dejamos de ver la estrella por algunos instantes, se produce una ocultación. Si la estrella es más brillante que el objeto, parecería que la estrella desaparece por algunos segundos. Ese evento se podrá ver desde una pequeña franja en la Tierra, mientras el objeto se desplaza por delante de la estrella. El ancho de esa franja así como el tiempo que dura la ocultación, nos permiten estimar en forma indirecta el tamaño y la forma del objeto. Es la forma más exacta de poder determinar esos parámetros, ya que desde la Tierra los asteroides se ven como objetos puntuales. Para realizar estas observaciones se deben ubicar telescopios en la zona donde se predice que será visible la observación. Una gran ventaja que presenta esta técnica es que generalmente no se requieren telescopios de gran tamaño, porque basta con observar la estrella para poder realizar la determinación de la duración de la ocultación. Por tanto, la existencia de pequeños telescopios (espejos de ~20 cm) distribuidos en todo el país, permite hacer una contribución de gran relevancia.

¿Cómo se observan los bólidos?

Cuando una partícula rocosa o de hielo ingresa en la atmósfera terrestre a gran velocidad, se calienta por colisión con los átomos y moléculas atmosféricas. El material comienza a brillar por fluorescencia y observamos un meteoro o estrella fugaz. Si esa partícula tiene una masa de varios kg o más produce un meteoro muy brillante que denominamos bólido, cuyo brillo puede superar el de la Luna llena. La observación se puede realizar a simple vista, pero eso supondría estar viendo continuamente todo el cielo. Hemos desarrollado cámaras digitales que en una sola imagen abarcan todo el cielo visible, y un *software* que analiza las imágenes para detectar la aparición de bólidos. Con una red de por lo menos 3 cámaras distribuidas a distancias entre 100 y 150 km entre ellas, se puede simultáneamente observar el bólido y determinar la trayectoria antes de ingresar a la atmósfera. Se pueden luego asociar a asteroides y cometas que se acercan a la Tierra.

¿Cómo conocer más sobre estas líneas de investigación?

Se puede obtener más información sobre las actividades de investigación en Astronomía en las siguientes páginas web:

<http://www.astronomia.edu.uy/depto/>

<http://www.oalm.gub.uy/>

El OALM está abierto a visitas, que se pueden coordinar a través de la referida página.

Los esperamos. ■

Rescate paleontológico en Soriano

El hallazgo del gliptodonte en “El Porvenir”

■ Pablo Toriño

Transcripción de parte de la ponencia presentada en el 1^{er} Foro sobre Ciencia y Escuela: “Buscando coherencias en las representaciones”, 17 de setiembre de 2011, Mercedes. Versión corregida y autorizada por el autor.

En 2010 se produjo uno de los hallazgos paleontológicos más extraordinarios de los últimos tiempos en nuestro país. El mismo fue realizado por el joven Mario “Marito” Vignolo y su familia, a orillas de una cañada en la Estancia “El Porvenir” (departamento de Soriano), propiedad de la familia Tourón, tratándose nada menos que de una coraza de gliptodonte, de las más completas y mejor preservadas del país. He aquí la historia de su rescate, traslado, preparación y estudio.

El hallazgo

Una mañana de fines de marzo, semanas después de una gran tormenta que azotó Soriano, “Marito” fue a pescar mojarras a orillas de una cañada a un kilómetro de su casa. Para su sorpresa, en una pequeña barranca de la orilla de enfrente asomaba algo grande, blanco y redondo. Sin saber lo que era, fue a buscar a su padre (Mario Vignolo, el capataz de la estancia) y juntos cruzaron la cañada para escudriñarlo más de cerca, llevando picos y palas. Al final del día, la noticia de que en el campo de “El Porvenir” había aparecido un “huevo gigante” enterrado había trascendido al vecino pueblo de Sacachispas y alrededores.



Apenas dos días después del hallazgo, familiares del joven Marito, residentes en Montevideo, se acercaron a la Facultad de Ciencias con fotografías del raro descubrimiento. Quiso la casualidad que un grupo de estudiantes de Paleontología y Geología de dicha facultad nos encontráramos realizando trabajos de campo en esa zona del país desde el año anterior (2009), como parte de un proyecto de iniciación a la investigación financiado por la Universidad de la República. La Intendencia de Soriano tomó conocimiento del hallazgo y también se puso en contacto con nuestro equipo de trabajo.

Las primeras fotografías del hallazgo (dos de las cuales incluimos en el presente artículo), mostraban un gran caparazón de un animal extinto conocido como “gliptodonte”, un pariente lejano de las mulitas y los tatúes que habitó nuestro continente hasta hace unos 8000 años. Su estado de preservación parecía ser notable, tanto es así que observando la forma y el dibujo de las pequeñas placas de hueso que forman el caparazón (que recuerdan a pequeñas “flores” o “rosetas”) pudimos percibir, a través de esas imágenes –incluso antes de llegar

al lugar del hallazgo—, que se trataba de un ejemplar del género *Glyptodon*, uno de los más conocidos dentro de la familia de los gliptodontes.

¿Qué es un gliptodonte?

El grupo de mamíferos acorazados al que pertenecen los gliptodontes surgió en América del Sur hace unos 40 millones de años, con animales pequeños muy similares a las mulitas y los tatúes de hoy en día. Pero hace unos 30 millones de años, aquellos primitivos armadillos dieron lugar a una “rama lateral” en su evolución. Esta rama —la de los gliptodontes— se separó gradualmente de sus ancestros y fue adquiriendo rasgos cada vez más notorios: por ejemplo, alcanzaron tamaños cada vez más grandes, junto a otras diferencias en la forma y composición de su coraza. Todo ello significa que, al contrario de lo que la mayoría de las personas imagina, las mulitas, los tatúes y sus parientes son mucho más antiguos que los gliptodontes. Estos últimos surgieron después, y luego se extinguieron junto a otros grandes mamíferos, sin dejar descendientes.

El rescate

En muchas ocasiones nos han preguntado cómo fue que este gliptodonte vino a parar a la orilla de aquella cañada, y por qué apareció así de repente. Antes que nada debemos aclarar que en el trabajo de campo de los paleontólogos, la erosión causada por la Naturaleza juega un papel muy importante en el descubrimiento de los fósiles. Las cañadas, los arroyos y ríos son puntos ideales para buscar vestigios del pasado, dado que allí las corrientes de agua desgastan los sedimentos formando barrancas. Durante las fuertes lluvias y crecidas que afectaron el litoral de nuestro país a comienzos de 2010, la pequeña cañada que atraviesa el campo de “El Porvenir” creció de manera notable. La fuerza de sus aguas arrastró una gran cantidad de sedimentos ensanchando su caudal, de modo que cuando el nivel del agua bajó, sus barrancas ya no eran las mismas: el desgaste provocado por el agua había dejado parcialmente al descubierto este notable ejemplar, con el aspecto de estar “incrustado” en el paredón.

Dos integrantes de nuestro equipo, Gustavo Lecuona del Museo Nacional de Historia Natural, y yo, acudimos a efectuar el rescate al tercer día del hallazgo. Si bien ya contábamos con experiencia de extracciones de fósiles en varias partes del país, quizás nunca nos habíamos topado con un ejemplar tan grande y tan completo como este. El principal objetivo del trabajo de campo fue retirar el caparazón en las mejores condiciones posibles, dado su enorme valor como ejemplar de exhibición y estudio. El operativo duró ocho días completos, incluyendo toda la Semana Santa de aquel año. Sin duda fue un trabajo mucho más duro y más prolongado que el que cualquiera de quienes participamos hubiéramos imaginado.

El lugar y la posición en la que se encontraba el caparazón (entre el paredón y el borde de la cañada) fue una de las principales causas de que la extracción fuera tan dificultosa, debido a la falta de espacio para moverlo o acceder cómodamente a él. Vale reconocer aquí el gran trabajo que hicieron el capataz Mario Vignolo y su familia antes de que arribáramos al lugar, pues con mucho cuidado prepararon una suerte de sendero a lo largo del borde de la cañada, que nos permitió llegar caminando hasta el ejemplar.

El primer paso antes de la extracción fue preparar una cubierta protectora a base de yeso y tela. Esta es una práctica muy común cuando se trabaja con materiales tan frágiles, y en este caso nos permitió proteger al ejemplar mientras trabajábamos retirando el sedimento a su alrededor. A medida que escarbábamos para hacernos más espacio, para nuestra grata sorpresa fuimos encontrando más partes sueltas de la misma coraza, además de la mandíbula, algunos dientes y restos de la cola. Con el correr de los días, nuestra sorpresa fue aún mayor, cuando comenzamos a notar que en otras partes de la misma barranca afloraban más restos de otros animales. Es así que, además del gliptodonte, durante la excavación fueron

hallados un cuello completo de un pequeño caballo prehistórico, placas de tortugas gigantes, una cadera de “toxodonte” (un mamífero de aspecto similar a un hipopótamo), vértebras de perezosos gigantes y una porción del cráneo de un “tigre dientes de sable”, entre otros restos.



Uno de los pasos más difíciles del operativo fue movilizar el caparazón hasta una zona más segura y espaciosa que nos permitiera trabajar con mayor comodidad, puesto que en el lugar en el que se encontraba no teníamos espacio suficiente siquiera para darle vuelta y retirar todo el sedimento que lo rellenaba, algo indispensable para facilitar su manipulación y traslado. Tres intentos fueron necesarios para deslizar el caparazón sobre un trineo de madera construido para tal fin, hasta una zona segura. El primero de ellos fue a tracción humana, con la colaboración de una quincena de efectivos del Batallón N° 5 “Grito de Asencio” de Soriano. El segundo, utilizando un vehículo de la Intendencia de Soriano desde la margen opuesta de la cañada. Y el tercero (y finalmente exitoso), con una retroexcavadora de la Intendencia.

Una vez puesto a salvo al costado de la cañada, nuestro equipo inició parte de lo que sería el trabajo más delicado en el campo. A partir de ese momento se sumaron más compañeros al rescate, arribados desde Montevideo, y juntos dimos vuelta el caparazón con mucho cuidado, para luego proceder a retirar el sedimento que lo rellenaba y darle consistencia interna. Durante este proceso notamos que adentro se encontraba la cadera fragmentada en varias partes, además de algunas costillas.

Luego de ocho días de trabajo ininterrumpido, el caparazón y demás materiales colectados fueron llevados en un vehículo de la Intendencia hasta el lugar que sería su hogar definitivo: el Museo Paleontológico “Alejandro Berro” de la ciudad de Mercedes, a unos 60 km del sitio del hallazgo.



La preparación

La limpieza, preparación y montaje definitivo de todos los restos hallados fue un largo proceso que insumió poco más de un año y medio de trabajo en el Museo. Comenzando por el propio ingreso de la coraza a la que terminaría siendo su sala de exposición (tarea más que dificultosa debido al gran tamaño del ejemplar), pasando por su cuidadosa limpieza y reposición de las placas sueltas una a una (al igual que en el armado de un enorme rompecabezas), y culminando con la puesta museográfica (diseño de cartelera didáctica). Finalmente, en agosto de 2011, el Museo inauguró su nueva sala de exposición, la primera en casi 30 años, conocida informalmente por todos como “la sala del gliptodonte”.



La investigación: sus resultados y su impacto

Una vez culminada la preparación de los restos, nuestro equipo dio inicio al trabajo de investigación. Una observación minuciosa de la coraza nos permitió identificarla como perteneciente a la especie *Glyptodon clavipes*, una de las más conocidas de la familia de los gliptodontes. Hoy podemos decir que se trata de un ejemplar en excelente estado de preservación, con una coraza de 1,70 m de largo y 1,5 m de ancho, y que es la más completa del país. Se trata de un adulto joven que murió por causas desconocidas, y sus restos estaban acompañados de una fauna bien característica del final de la época pleistocénica, es decir, en el entorno de los 10 000 años atrás.

Durante la preparación de la coraza pudimos ver algunos detalles en la forma y el tamaño de algunas de sus placas, que hasta ese momento no se habían visto en otros ejemplares de Uruguay, pero sí en algunos hallados en Argentina. Esto nos llevó a la idea de compartir este hallazgo con la comunidad de paleontólogos especializados en el tema. Y así lo hicimos: dimos a conocer el trabajo realizado en el “IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados”, celebrado en 2011 en San Juan (Argentina), con muy buenos comentarios de parte de investigadores de otros países.

Además de la investigación, nuestro equipo se preocupó también por la difusión de este hallazgo a nivel nacional, participando en numerosas charlas y eventos de divulgación científica. Esta presentación en el 1^{er} Foro sobre Ciencia y Escuela es un ejemplo de ello.

El equipo de trabajo

En las tareas de campo y preparación trabajaron, junto a Gustavo Lecuona y a mí, Felipe Montenegro, Guillermo García, Darío Ubilla y Lucía Samaniego. Guillermo Roland, Andrés Batista y Fernanda Cabrera colaboraron también en otras instancias de trabajos de campo y durante los trabajos de preparación de los ejemplares en el Museo.

Agradecimientos

Un reconocimiento a la familia Vignolo Silveira, Mario, Laura, Marito y Lucía, por el enorme compromiso asumido con este hallazgo y la invaluable colaboración que brindaron a todo el equipo de trabajo durante nuestra estadía en “El Porvenir”.

A los efectivos del Batallón N° 5 “Grito de Asencio” y vecinos de Sacachispas, que participaron de las tareas de rescate.

Al Programa de Apoyo a la Investigación Estudiantil de la CSIC-UdelaR, por la financiación de los proyectos que permitieron directa e indirectamente la realización de este trabajo.

A la Intendencia de Soriano, Junta Departamental de Soriano y Museo Paleontológico “Alejandro Berro”, por comprender y valorar la implicancia de este hallazgo como un bien patrimonial departamental, reflejando su interés en toda la colaboración brindada.

A Gustavo Lecuona, Felipe Montenegro y Franklin Möller por compartir las fotografías que hemos visto.

Y un agradecimiento muy especial a los organizadores del 1^{er} Foro sobre Ciencia y Escuela: “Buscando coherencias en las representaciones”, por habernos invitado a participar de este evento. ■

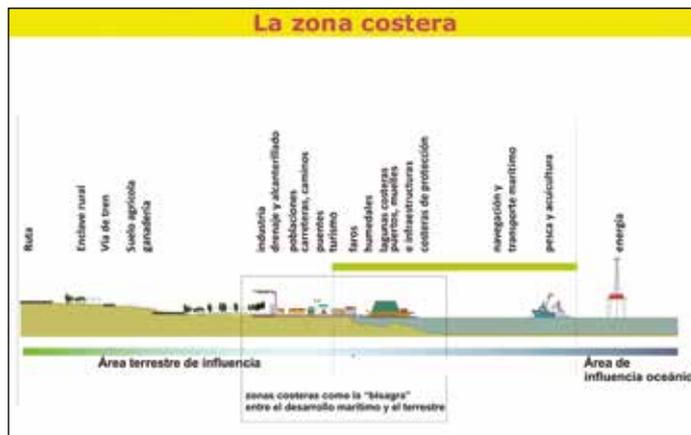
El manejo costero integrado y el abordaje interdisciplinario

■ Daniel Conde

Artículo escrito sobre la base de la ponencia presentada en el 1^{er} Foro sobre Ciencia y Escuela: "Buscando coherencias en la construcción del conocimiento", 29 de octubre de 2011, Maldonado. Las diapositivas pertenecen a dicha presentación.

La importancia de la zona costera como área-problema

A nivel mundial, la zona costera brinda servicios ecosistémicos a más del 60% de la población humana, siendo por tanto un ecotono de máxima interacción ecológica y social (Costanza y otros, 1997), donde las demandas de espacio crecen exponencialmente, generando conflictos entre conservación y desarrollo. A esto se suman problemáticas de mediano y largo plazo como el cambio climático (Seeliger y Odebrecht, 1998). Por ello, la zona costera requiere de una gestión de manejo particular, basada en una aproximación de carácter interdisciplinario donde confluyan esfuerzos de los diversos actores involucrados.



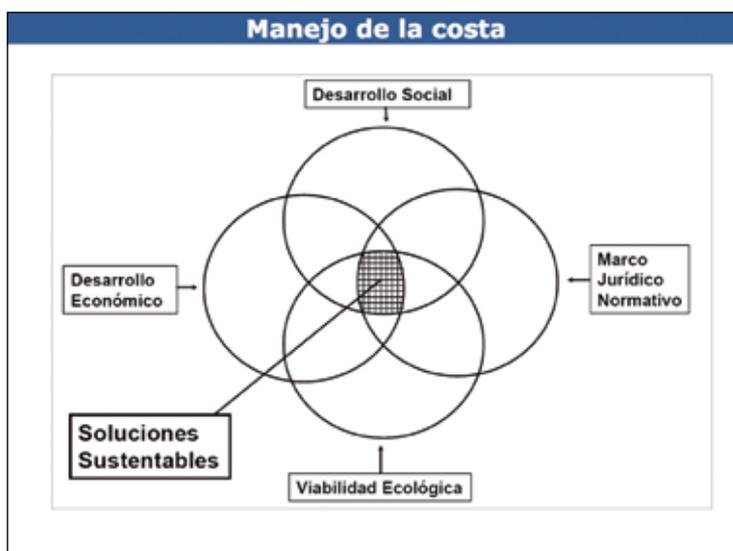
La costa estuarina y atlántica de Uruguay, responsable del 70% del PBI nacional y con la mayor parte de su población (Lemay, 1998), ha sobrellevado una transformación reciente y no planificada, resultando en una serie de problemáticas socio-ambientales como consecuencia de la modificación del uso de la tierra y los impactos de actividades como turismo, industria y puertos, la contaminación acuática, sobrepesca y erosión (de Álava, 2007). También manifiesta una variabilidad natural a causa de las interacciones estuarino-oceánicas y las características atmosféricas locales, con potenciales pérdidas económicas de importancia a mediano plazo (Hareau y otros, 1999). A pesar de la relevancia y los problemas que enfrenta la costa, no existen prácticas concretas de manejo costero en Uruguay (Baliero y otros, 2006), aunque sí existen instituciones y programas que se relacionan con la temática costera, pero estos esfuerzos carecen aún de la integración necesaria para ser catalogados de integrados (Menafrá y otros, 2009). Además, no existe aún suficiente información científica de excelencia que apoye la aplicación de políticas de manejo específicas para la costa, lo que constituye una deficiencia a escala nacional que, al mismo tiempo, torna ineficientes los ámbitos de gestión de problemas de manejo costero de escala regional. Esto explica la ineficacia para alcanzar un balance entre desarrollo y conservación.

Reducir la presión antropogénica sobre el espacio costero en la búsqueda de un proceso sustentable, requiere concentrarse en la resiliencia, la renovación y la capacidad de adaptación de los sistemas socio-ecológicos (Gunderson, 1999). Estos procesos son dinámicos y requieren de investigación en temáticas complejas como estudios de impacto ambiental y de planeación territorial, los efectos del cambio climático sobre los recursos naturales, la capacidad de respuesta y resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, la relación entre la calidad ambiental y el bienestar social de las comunidades costeras, o los arreglos institucionales para la gobernanza de la costa. Particularmente en Uruguay se carece de estudios interdisciplinarios en estas áreas-problema, y más aún de aquellos de carácter comparativo y de investigación de problemáticas que requieren un abordaje de escala regional.

La necesidad de abordar el área-problema desde una perspectiva interdisciplinaria

La costa constituye un espacio estratégico para Uruguay y también para la región, dado que comparten características ambientales y culturales. Este espacio está definido por la zona costera Atlántica del Este y Noreste de Uruguay, y la costa Sureste de Brasil, incluyendo la zona costera marina adyacente. Es una zona con definida vocación de corte ambiental, en el sentido de la relevancia y calidad de sus ecosistemas y recursos naturales particulares, los que dan sustento a gran parte de la actividad productiva regional, así como a los principales esfuerzos de conservación que se llevan adelante actualmente en el país. En este sentido es una de las zonas del país con más antecedentes universitarios en materia ambiental, y más específicamente costeros. La sociedad civil y las instituciones de gobierno de esta zona han mostrado una clara demanda por la inserción de estas temáticas en la región, en el marco de la descentralización de la UdelaR.

A pesar de este reconocimiento sobre la relevancia de la zona costera regional, en Uruguay y en la región existen carencias de normativa específica y completa en referencia a la costa, y el mayor desafío identificado es la falta de integración a diversos niveles del conocimiento y la necesidad de interactuar en las distintas dimensiones presentes en el complejo sistema costero. En particular, se requiere de una mayor integración de legislación y políticas, instituciones, cooperación y coordinación interinstitucional, y la participación de las comunidades costeras en el proceso y los enfoques de manejo utilizados. La resolución de este problema requiere indefectiblemente de un abordaje interdisciplinario e interinstitucional.



El abordaje interdisciplinario para el manejo sustentable de la zona costera

El área-problema conocida como Manejo Costero Integrado (MCI) se entiende como el proceso multidisciplinario de integración de diversos niveles con interés en la costa, para consensuar programas de protección y desarrollo sustentable de los ambientes costeros y sus recursos (Hildebrand, 2002). El MCI asume la interdependencia de las comunidades humanas costeras y los recursos asociados, apela a la resolución de conflictos entre usuarios y la reducción de los impactos acumulativos, y considera la participación de las comunidades a escala local como un componente fundamental de la gestión (Christie y otros, 2005). Internacionalmente, se considera al MCI como el enfoque más avanzado para integrar vertical y horizontalmente a técnicos, políticos y comunidades costeras, teniendo en cuenta la adaptación a escala local de la experiencia aprendida a escala internacional.

Manejo costero integrado	
•	Proceso interdisciplinario y sistémico de integración de diversos niveles con interés en la costa.
•	Asume la dependencia de las comunidades humanas costeras de los recursos asociados.
•	Consensuar programas de protección y desarrollo sustentable de ambientes y recursos.
•	Apela a la resolución de conflictos entre usuarios.
•	Promueve la reducción de los impactos acumulativos.
•	Participación de las comunidades a escala local es un componente fundamental de la gestión.
•	Enfoque más avanzado para integrar vertical y horizontalmente a técnicos, políticos y comunidades costeras.
•	Más de 100 países costeros se han involucrado legalmente con el MCI.

INTEGRACIÓN	
TIPO DE INTEGRACIÓN	CONTENIDO
De objetivos	Desarrollo sustentable
Espacial	Cuenca-costa-mar-atmósfera-subsuelo
Temporal	Acciones de corto plazo insertas en una planificación de largo plazo
Jurídica	Regulación apropiada y específica
Decisional	Coordinación y participación amplia en las decisiones
Social	Armonización de acciones centralizadas con la participación local

En este contexto son fundamentales los aportes desde el ámbito académico, a la hora de tomar decisiones de gestión basadas en la mejor información científica disponible. Al mismo tiempo es necesario sincronizar un abordaje integral y transversal para los aspectos de educación, capacitación, concientización e investigación, así como de intercambio de conocimientos sobre el sistema costero, hacia, entre y desde las comunidades que viven en ese espacio. La complejidad y la dinámica de las problemáticas ambientales del sistema costero hacen necesario adoptar una aproximación interdisciplinaria concentrada en el MCI, desde la cual sea posible diseñar y establecer estrategias de decisión para la solución de las mismas.

El marco conceptual y práctico del trabajo interdisciplinario

Tomando como punto de partida la definición de COSEPUP (2004), se comprende a la labor interdisciplinaria (ID) como una modalidad de trabajo realizado por equipos o individuos que integran información, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos y/o teorías a partir de dos o más disciplinas o cuerpos del conocimiento especializado, para avanzar sobre el conocimiento básico, o para resolver problemas cuya solución se encuentra más allá de la capacidad de una única disciplina o campo práctico de investigación. Esto genera un nuevo paradigma, opuesto a la fragmentación, pudiendo alcanzar niveles de alta complejidad con diferentes interfaces de manifestación, según las dimensiones interactuantes.

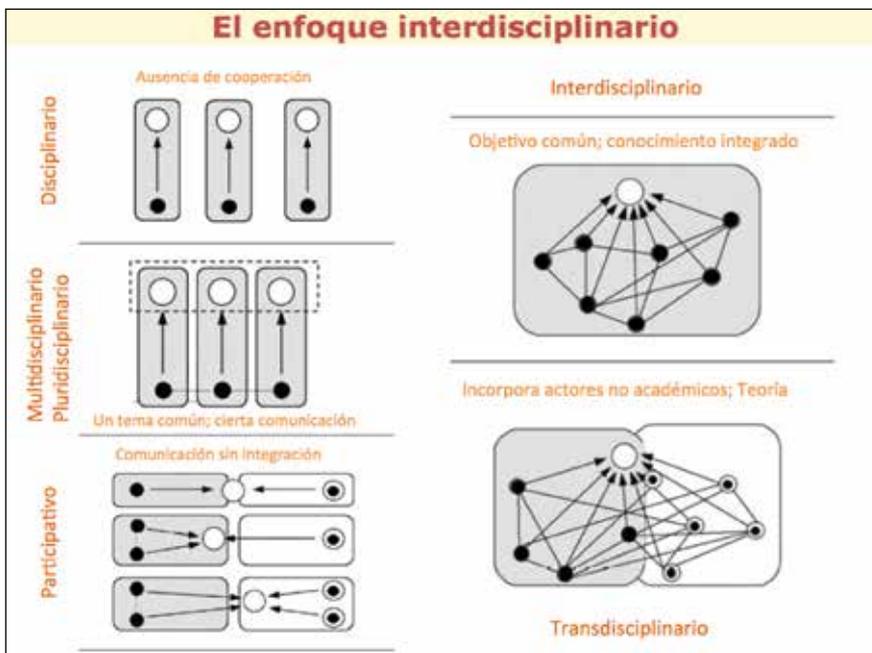
Esta búsqueda de integración es señalada, en el ámbito de varias instituciones con experiencia en el trabajo ID, como el mejor campo reconocido para promover y generar un perfeccionamiento del proceso, permitiendo alcanzar etapas superiores y más complejas de integración. Sobre la base de que la labor ID constituye un proceso de largo plazo, se busca alcanzar mayores niveles de sinergia, atravesando las disciplinas (Morin, 1984), fomentando el flujo de información entre dimensiones (Nicolescu, 1996), y creando nuevos métodos, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos y/o teorías y esquemas cognitivos.



Es posible reconocer tantas tipologías como autores en cuanto a la interdisciplinaridad, fundamentalmente en cuanto al grado de interacción alcanzado. Las diversas tipologías intentan resaltar el cuerpo principal para abordar las temáticas no disciplinares a través de métodos/metodologías, teorías y conceptos, un problema compartido o un objeto de estudio, entre otros formatos prácticos (Peñuela, 2005). En esta diversidad, y de acuerdo al nivel de interacción y al grado de complejidad alcanzados, encontramos niveles dialécticos que van desde la ID más simple, de tipo lineal, a la más compleja, de tipo fractal, donde es posible reconocer dimensiones en interacción y una interfaz de manifestación. En este extremo de mayor complejidad se encuentra la ID que trasciende la compartimentación disciplinar para

generar algo que es mayor que la suma de las partes, pudiéndose reconocer, según los casos, como una nueva disciplina. Si bien se han desarrollado conceptos, cada uno intentando trascender al otro (inter-poli-multi-trans-meta-disciplinaridad), todas estas tipologías intentan el establecimiento de un nuevo paradigma en oposición a la fragmentación de las partes del objeto.

En relación al área-problema específica, los principios y características del MCI se encuentran en un nivel de interdisciplinariedad donde existe una interfaz de alto grado de complejidad (esto es, el sistema costero), que no solo es propicia para la ID, sino que requiere conceptualmente un abordaje con estas características para lograr alcanzar sus objetivos y metas (Euán-Ávila y otros, 2006). Para el manejo de los recursos naturales con frecuencia se recomienda el enfoque ID, por ejemplo, en la Agenda 21 y por parte de organizaciones internacionales (OECD, 1993), como forma de promover la cooperación entre científicos sociales y naturales en proyectos aplicados, y en situaciones de incompatibilidad de usos ambientales e impactos. Esta recomendación no es generalmente asociada a lineamientos o experiencias que faciliten la implementación (Turner y Carpenter, 1999).



Recientemente, el manejo de recursos naturales se ha ampliado para cubrir aspectos del comportamiento humano, integrando así una dimensión humana a la biofísica como salida en la búsqueda de soluciones exitosas en los programas de manejo (Decaer y otros, 1992). Ander-Egg (1999) indica que avanzar hacia la ID consiste en que las visiones compartan ciertos valores, reconozcan la complejidad de estos sistemas y adopten un enfoque sistémico. Por su parte, Parker (2003) resalta que actualmente los enfoques monodisciplinarios y la especialización pierden progresivamente terreno frente a formas de trabajo basadas en colaboraciones fluidas. Allí, el poder centralizado deja paso al “empoderamiento” de los participantes, y la jerarquía se flexibiliza hacia estructuras horizontales o en red.

El abordaje ID potencia la integración de la investigación, la capacitación y la extensión del trabajo académico, y como producto genera una interfaz con instituciones y comunidades relacionadas con el sistema costero en el país y la región, conformando una perspectiva que va más allá de lo estrictamente académico.

La capacitación, especialmente a nivel del posgrado, provee de un elemento indispensable para la interacción ID a través del proceso de aprendizaje de los estudiantes. La interacción docentes-estudiantes instala un ámbito de enriquecimiento ID, ya sea a través de las instancias de trabajo en talleres de las maestrías, o de las tesis que igualmente necesitan una labor ID para cumplir con las exigencias del posgrado en materia de la integración de los conocimientos que hacen al MCI. La labor de los estudiantes tiene una función de nexo, amalgamadora fundamental y enriquecedora en el proceso ID, permitiendo evolucionar a niveles de alta complejidad. Inclusive la posibilidad de captar el posgrado de estudiantes de otras naciones brinda la capacidad de incrementar este potencial.

La labor de extensión favorece también el logro de un proceso ID de alta interacción, ya sea por los procesos de extensión de conocimientos hacia las comunidades o, desde estas, por medio de ámbitos de trabajo en talleres, y también de labores de investigación. Estos ámbitos propician el involucramiento de las distintas instituciones relacionadas a la zona costera, tanto gubernamentales como civiles, nacionales e internacionales, y permiten abrir nuevos caminos a la gestión integrada de los recursos costeros que, si bien incluye una escala de largo plazo, permite iniciar un proceso de sustentabilidad.

Algunas reflexiones sobre los desafíos y las barreras del trabajo interdisciplinario

Según Ángel Maya (1990), la complejidad de las relaciones ambientales planteadas en los modelos alternativos de desarrollo exige el análisis interdisciplinario de la realidad. La interdisciplinaridad, percibida desde la óptica ambiental, no es el simple ensamblaje de las diferentes disciplinas. Significa la emergencia de un nuevo saber, que modifica profundamente los métodos científicos tradicionales. En esta perspectiva se transforma el enfoque de los estudios y las interrelaciones le ganan espacio a los objetos de investigación. Ya no se trata de la descripción y análisis de fenómenos individuales, aislados artificialmente por un investigador preocupado en encontrar la respuesta final a su problema particular, sino que es necesario ampliar la visión sobre el objeto y situarlo en un contexto global de relaciones recíprocas en donde aumentan no solo las explicaciones, sino también las preguntas sobre su comportamiento. Por tanto, la interdisciplina tiene que ver con aperturas conceptuales y perceptuales relacionadas con vínculos y emociones, más que con voluntades.

La interdisciplinaridad implica una actitud descentrada y una mirada contextual que tolera la diversidad y reconoce las diferencias. Para esto es necesario repensar variables desde lo histórico-personal hasta lo institucional, así como poner en duda los modelos formativos que fomentan que el conocimiento propio es el que realmente vale. La interdisciplina reconoce que el conocimiento, en vez de ser completo, es parcial y provisorio, dando lugar al reconocimiento de la necesidad del cambio.

Algunas barreras conceptuales, disciplinares y personales para el trabajo interdisciplinario incluyen:

- ▶ Falta de interés.
- ▶ Falta de comprensión de la diversidad como herramienta para contribuir a la solución de problemas.
- ▶ Posturas dogmáticas (ortodoxas disciplinarias).
- ▶ Juego lingüístico de las comunidades científicas.
- ▶ Disputas epistemológicas no resueltas entre algunas disciplinas.
- ▶ Estatus social y discriminatorio defendido por algunas disciplinas.
- ▶ Angustia que genera romper esquemas tradicionales.
- ▶ Celo ante el paradigma emergente y quienes lo lideran.
- ▶ Falta de madurez personal y profesional para valorar y escuchar al otro.

Entre las barreras institucionales y logísticas resaltan:

- ▶ Exigencias inmediatistas de los problemas.
- ▶ Intereses monotemáticos de instituciones.
- ▶ Falta de mecanismos administrativos y legales en las instituciones.
- ▶ Relaciones jerárquicas que instauran solidaridades y oposiciones específicas.
- ▶ Puntos difíciles de confluencia.
- ▶ Confusión de terminología.
- ▶ Falta de compromiso en la tarea.
- ▶ Enemistades personales.
- ▶ Rechazo de los propios colegas.
- ▶ Disputas explicativas.

Algunas acciones surgidas de la experiencia, que facilitan la interdisciplinariedad:

- ▶ Asumir las ventajas de la interdisciplinariedad.
- ▶ Tomar conciencia de los propios prejuicios y creencias.
- ▶ Desarrollar una autocrítica de lugares de verdad absoluta que ilusionamos.
- ▶ Revisar las variables (histórico-personales, institucionales, modelos formativos) que nos han convencido de que el conocimiento propio es el que vale.
- ▶ Reconocer que la verdad de los conocimientos es parcial y provisoria.
- ▶ Tolerancia por la incertidumbre, y respecto de los propios conceptos y marcos teóricos.
- ▶ Flexibilizar los límites: los límites entre disciplinas no están prefijados, y están en evolución porque el conocimiento cambia.
- ▶ Animarse a trascender esos límites.

Algunas pistas prácticas que facilitan la interdisciplina:

- ▶ Experiencia (*"learning by doing"*).
- ▶ Tiempo (trabajo conjunto de alta frecuencia).
- ▶ Mantenimiento de los equipos de trabajo.
- ▶ Lugar común de trabajo.
- ▶ Liderazgo.
- ▶ Enfoque sistémico de los temas.
- ▶ Libertad institucional de opinión.
- ▶ Evitar lenguajes específicos.
- ▶ Respetar las áreas de competencia de cada uno de los expertos.
- ▶ Resolver conflictos desde la cooperación y no desde el consenso (puede haber cooperación, aunque existan disidencias).
- ▶ Crear espacios virtuales de negociación (pactos provisorios y parciales; consenso restringido). ■

Bibliografía consultada y referida

- ACEVEDO, José Antonio; VÁZQUEZ, Ángel; MARTÍN, Mariano; OLIVA, José María; ACEVEDO, Pilar; PAIXÃO, María Fátima; MANASSERO, María Antonia (2005): "Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana, una revisión crítica" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2, N° 2, pp. 121-140. En línea: <http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1321/1/Naturaleza%20de%20la%20ciencia-2005.pdf>
- ACEVEDO DÍAZ, José Antonio (2008): "El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 5, N° 2, pp. 133-169. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/920/92050202.pdf>
- ACEVEDO DÍAZ, José Antonio (2009a): "Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 6, N° 2, pp. 164-189. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/920/92012978001.pdf>
- ACEVEDO DÍAZ, José Antonio (2009b): "Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 6, N° 3, pp. 335-386. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=92013010004>
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2001): *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral. En línea: <http://es.scribd.com/doc/62774561/Tesis-de-Doctorado-de-Aduriz-Bravo>
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2003): "La muerte en el Nilo: Una propuesta para aprender sobre la naturaleza de la ciencia en el aula de ciencias naturales de secundaria" en A. Adúriz-Bravo; G. A. Preafán; E. Badillo (comps.): *Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas*, pp. 129-138. Bogotá: Editorial Magisterio.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2004): "Methodology and politics: A proposal to teach the structuring ideas of the philosophy of science through the pendulum" en *Science & Education*, Vol. 13, N° 7, pp. 717-731.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2005a): "¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica". Ponencia ante el 2º Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias (25 a 28 de mayo de 2005) y publicada en *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, pp. 23-33. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. En línea: <http://bibliotecavirtual.educared.org/index.php/site/default/detalle/id/00000000013/que-naturaleza-de-la-ciencia-hemos-de-saber-los-profesores-de-ciencias>
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2005b): *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2006): "La epistemología en la formación de profesores de ciencias" en *Educación y Pedagogía*, Vol. 18, N° 45, pp. 25-36.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2007): "Naturaleza de la ciencia y educación científica de calidad para todos y todas" en S. Gallarreta; S. Stipcich (comps.): *Las actividades de enseñanza y aprendizaje en las Ciencias de la Naturaleza*, CD-ROM. Serie Cuadernos de Educación y Prácticas Sociales. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Secretaría Académica. Centro de Formación, Publicación y Tecnología Educativa. En línea: <http://didacticadelascienciasut.files.wordpress.com/2012/03/0021.pdf>
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2008a): "Áreas de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales. La naturaleza de la ciencia" en C. Merino Rubilar; A. Gómez Galindo; A. Adúriz-Bravo (coords.): *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales*, pp. 111-125. Bellaterra: Servei de Publicacions de la UAB.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2008b): "El científico, según la mirada de los niños". Nota por Gabriel Stekolschik referente a un Estudio del Centro de Divulgación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (UBA), publicada en la edición impresa de *La Nación* (Domingo 04 de mayo). En línea: <http://www.lanacion.com.ar/1009478-el-cientifico-segun-la-mirada-de-los-ninos>
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2008c): "¿Existirá el 'método científico'?" en L. R. Galagovsky (coord.): *¿Qué tienen de "naturales" las ciencias naturales?* Buenos Aires: Ed. Biblos. Colección Respuestas.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2011a): "Ciencia, currículo y prácticas de enseñanza". Conferencia en el 1º Foro sobre Ciencia y Escuela: "Buscando coherencias entre contextos", Montevideo (Organizador: Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Revista QUEHACER EDUCATIVO).
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2011b): "Desde la enseñanza de los 'productos de la ciencia' hacia la enseñanza de los 'procesos de la ciencia' en la Universidad" en *Colección de cuadernillos de actualización para pensar la Enseñanza Universitaria*, Año 6, N° 3 (Noviembre). Universidad Nacional de Río Cuarto. En línea: <http://www.unrc.edu.ar/unrc/academica/pdf/cuadernillo-nov011-3.pdf>
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2011c): "Epistemología para el profesorado de física: Operaciones transpositivas y creación de una 'actividad metacientífica escolar'" en *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 24, N° 1, pp. 7-20.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2012): "Enseñar a los maestros y maestras 'qué es esa cosa llamada ciencia'. Una propuesta centrada en los 'campos estructurantes' de la epistemología" en *Revista QUEHACER EDUCATIVO*, N° 111 (Febrero), pp. 41-51. Montevideo: FUM-TEP.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; ARIZA, Yefrin; COULÓ, Ana (2011): "Introducing the semantic view of scientific theories in science education" en F. Seroglou; V. Koulountzos; A. Siatras (comps): *Science and culture: Promise, challenge and demand. Book of Proceedings*. Salónica: Epikentro.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; GODOY, Elina; IGLESIAS, María; BONAN, Leonor; GONZÁLEZ GALLI, Leonardo (2006): "Las imágenes de ciencia y de científico en una propuesta de educación inclusiva para todos y todas" en F. T. Añaños Bedriñana (coord.); J. García Mínguez; M. Bedmar Moreno; I. Montero García (eds.): *Educación social. Formación, realidad y retos*, pp. 427-435. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè (2002): "Directrices para la formación epistemológica del futuro profesorado de ciencias naturales" en G. A. Preafán; A. Adúriz-Bravo (comps.): *Pensamiento y conocimiento de los profesores: Debate y perspectivas internacionales*, pp. 127-139. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional/Colciencias.
- ALBORNOZ, Mario (dir.); VACCAREZZA, Leonardo (coord.); POLINO, Carmelo; FAZIO, María Eugenia (2003): *Resultados de la encuesta de percepción pública de la ciencia realizada en Argentina, Brasil, España y Uruguay*. Documento de Trabajo N° 9. RICYT/CYTED-OEI. En línea: <http://www.reducyt.oas.org/ricyt/interior/biblioteca/Percepcion.pdf>
- ANDER-EGG, Ezequiel (1999): *Interdisciplinariedad en educación*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.
- ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*. En línea: http://www.cep.edu.uy/archivos/programaescolar/Programa_Escolar.pdf
- ÁNGEL MAYA, Augusto (1990): *Los retos de la administración ambiental*. Documento de trabajo. Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). Universidad Tecnológica de Pereira.

- BALIERO, Washington; BIASCO, Emilio; CONDE, Daniel; COR-TAZZO, Rafael; FOSSATI, Mónica; GORFINKIEL, Denise; LO-RENZO, Eugenio; MENAFRA, Rodrigo; PIRIZ, Clara; ROCHE, Ingrid (2006): *Estudio de Base sobre el Estado del Manejo Costero Integrado en Uruguay: práctica, capacitación e investigación*. Proyecto "Sustentabilidad de la Zona Costera Uruguaya" (AUCC-CIDA). Montevideo: Universidad de la República, Montevideo / Dalhousie University, Halifax. En línea: <http://www.fing.edu.uy/infia/mcisur/download/mci.pdf>
- BARMAN, Charles R. (1996): "How Do Students Really View Science and Scientists?" en *Science and Children*, pp. 30-33. En línea: <http://castle.eiu.edu/~scienced/5660/options/crbscience.html>
- BEARDSLEE, David C.; O'DOWD, Donald D. (1961): "The College-Student Image of the Scientist" en *Science*, Vol. 133, N° 3457, pp. 997-1001.
- BENLLOCH, Montse (comp.) (2001): *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Ed. Paidós Educador.
- BERTOLINI, Marisa (2007): "Curso-taller de epistemología" en *XVII Encuentro Nacional de Profesores de Física*. La Paloma – Uruguay, 17 al 20 de setiembre de 2007.
- BLANCK-CEREJIDO, Fanny; CEREJIDO, Marcelino (1997): *La muerte y sus ventajas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- BLANCO, Rudemar Ernesto (2012): "La Física y los niños: dos anécdotas y algunas ideas" en *Revista QUEHACER EDUCATIVO*, N° 112 (Abril), pp. 64-67. Montevideo: FUM-TEP.
- BROSNAN, Mark Jeremy (1999): "A new methodology, an old store? Gender differences in the 'draw-a-computer-user' test" en *European Journal of Psychology of Education*, Vol. 14, N° 3, pp. 375-385.
- CAMPANARIO, Juan Miguel; MOYA, Aída; OTERO, José C. (2001): "Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Vol. 19, N° 1, pp. 45-56. En línea: <http://www2.uah.es/jmc/an1.pdf>
- CASTORIADIS, Cornelius (1975): *L'institution imaginaire de la société*. París: Éditions du Seuil.
- CHALMERS, Alan F. (2000): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. Madrid: Siglo XXI editores.
- CHAMBERS, David Wade (1983): "Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test" en *Science Education*, Vol. 67, N° 2, pp. 255-265. En línea: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730670213/pdf>
- CHAMIZO, José Antonio; IZQUIERDO, Mercè (2005): "Ciencia en contexto. Una reflexión desde la filosofía" en *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, N° 46 (octubre-diciembre), pp. 9-16.
- CHRISTIE, Patrick; LOWRY, Kem; WHITE, Alan T.; ORACION, Enrique G.; SIEVANEN, Leila; POMEROY, Robert S.; POLLNAC, Richard B.; PATLIS, Jason M., EISMA, Rose-Liza V. (2005): "Key findings from a multidisciplinary examination of integrated coastal management process sustainability" en *Ocean & Coastal Management*, Vol. 48, N° 3, pp. 468-483. En línea (Primera página del documento): <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/key-findings-from-a-multidisciplinary-examination-of-integrated-0h3aj9o60e>
- CLAXTON, Guy (1991): *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Ed. Visor.
- CLOUGH, Michael P. (2007): "Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets" en *The Pantaneto Forum*, N° 25.
- COSEPUP (COMMITTEE ON SCIENCE, ENGINEERING, AND PUBLIC POLICY) (2004): *Facilitating Interdisciplinary Research*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- COSTANZA, Robert; D'ARGE, Ralph; DE GROOT, Rudolf; FARBER, Stephen; GRASSO, Mónica; HANNON, Bruce; LIMBURG, Karin; NAEEM, Shahid; O'NEILL, Robert V.; PARUELO, José; RASKIN, Robert G.; SUTTON, Paul; VAN DEN BELT, Marjan (1997): "The value of the world's ecosystem services and natural capital" en *Nature*, 387, pp. 253-260. En línea: http://www.esd.ornl.gov/benefits_conference/nature_paper.pdf
- CULLEN, Carlos A. (1997): *Crítica de las razones de educar. Temas de filosofía de la educación*. Buenos Aires: Ed. Paidós. Colección Cuestiones de Educación.
- CURIE, Eve (1942): *La vida heroica de Marie Curie*. Buenos Aires: Ed. Espasa-Calpe, 10ª edición.
- DE ÁLAVA, Daniel (2007): "Incidencia del Proceso de Transformación Antrópica en el Sistema Costero La Paloma – Cabo Polonio (Rocha, Uruguay)". Maestría en Ciencias Ambientales. Montevideo: Udelar.
- DE LA TORRE, Saturnino; BARRIOS, Óscar (coords.) (2000): *Estrategias didácticas innovadoras. Recursos para la formación y el cambio*. Barcelona: Ed. Octaedro.
- DECKER, Daniel J.; BROWN, Tommy L.; CONNELLY, Nancy A.; ENCK, Jody W.; POMERANTZ, Gerry A.; PURDY, Ken G.; SIEMER, William F. (1992): "Toward a comprehensive paradigm of contemporary wildlife management: Integrating the human and biological dimensions of management" en W. R. Mangun (ed.): *American Fish and Wildlife Policy: The human dimension*. Carbondale: Southern Illinois University Press.
- DIBARBOURE, María (2005): "Problematizando en Ciencias Naturales" en *Revista QUEHACER EDUCATIVO*, N° 74 (Diciembre), p. 28. Montevideo: FUM-TEP.
- DIBARBOURE, María (2006): "Volver a pensar... Qué enseñar en Ciencias Naturales" en *Revista QUEHACER EDUCATIVO*, N° 75 (Febrero), pp. 38-43. Montevideo: FUM-TEP.
- DIBARBOURE, María (2009): *...y sin embargo se puede enseñar ciencias naturales*. Montevideo: Ed. Santillana S. A. Serie Praxis. Aula XXI.
- DIBARBOURE, María (2010): "Ciencias Naturales. Una forma particular de conocer y pensar el mundo" (Cap. 3) en C. Clavijo; E. Davy; M. Dibarboure; M. T. Francia; B. Rodríguez Rava; E. Rostan: *Una escuela dispuesta al cambio. Diez años de Formación en Servicio*, pp. 87-124. Montevideo: ANEP/CODICEN/CEIP/ BIRF/Tercer Proyecto de Apoyo a la Escuela Pública Uruguaya. En línea: <http://www.mecaep.edu.uy/pdf/Libro%20una%20escuela%20dispuesta%20al%20cambio.pdf>
- DRIVER, Rosalind; LEACH, John; MILLAR, Robin; SCOTT, Phil (1996): *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- DUSCHL, Richard A. (1997): *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Ed. Narcea.
- EINSTEIN, Albert (1974): *La física. Aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Losada.
- ESCALAS TRAMULLAS, M. Teresa (coord.) (2009): *El Científico dibuixat. Un llibre per pensar, descobrir i dibuixar*. Barcelona: Comissionat per a Universitats i Recerca. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa. Generalitat de Catalunya. L'Observatori de la Difusió de la Ciencia de la UAB. En línea: http://issuu.com/odc-uab/docs/dibuixauncientific_final_p_c
- EUÁN-ÁVILA, Jorge I.; FRAGA BERDUGO, Julia; SALAS MÁRQUEZ, Silvia; ROBLEDO RAMÍREZ, Daniel; CHUENPAGDEE, Ratana (2006): "Investigación interdisciplinaria y manejo colaborativo en pequeñas comunidades costeras (México)" (Cap. 2) en Y. Breton; D. N. Brown; B. Davy; M. Haughton; L. Ovares (eds.): *Manejo de recursos costeros en el Gran Caribe. Resiliencia, adaptación y diversidad comunitaria*. Bogotá: Mayol Ediciones/IDRC/CRDI.
- FAJRE, Cristina; ARANCIBIA, Víctor Hugo (2000): "La consigna: un manual de instrucciones para leer la escuela" en *Didáctica (Lengua y Literatura)*, Vol. 12, pp. 121-138. En línea: <http://revistas.ucm.es/index.php/DIDA/article/download/.../19633>
- FARLAND-SMITH, Donna (2009): "How Does Culture Shape Students' Perceptions of Scientists? Cross National Comparative Study of American and Chinese Elementary Students" en *Journal of Elementary Science Education*, Vol. 21, N° 4, pp. 23-42. En línea: <http://www.eric.ed.gov/PDFS/EJ867288.pdf>
- FELDMAN, Daniel (1999): *Ayudar a enseñar. Relaciones entre didáctica y enseñanza*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor. Colección: Psicología Cognitiva y Educación.
- FERNÁNDEZ, Isabel; GIL, Daniel; CARRASCOSA, Jaime; CHAPUZ, António; PRAIA, João (2002): "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza" en *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 20, N° 3, pp. 477-488. En línea: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3p477.pdf>

- FERNÁNDEZ, Isabel; GIL PÉREZ, Daniel; VALDÉS, Pablo; VILCHES, Amparo (2005): "¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: Un requisito esencial para la renovación de la educación científica" (Capítulo 2) en D. Gil Pérez; B. Macedo; J. Martínez Torregrosa; C. Sifredo; P. Valdés; A. Vilches (eds.): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*, pp. 29-62. Santiago de Chile: OREALC/UNESCO. En línea: <http://www.oei.es/decada/139003S.pdf>
- FERNÁNDEZ PÉREZ, Miguel (1994): *Las tareas de la profesión de enseñar. Práctica de la racionalidad curricular. Didáctica aplicable*. Madrid: Siglo XXI editores.
- FINSON, Kevin D. (2002): "Drawing a Scientist: What We Do and Do Not Know After Fifty Years of Drawings" en *School Science and Mathematics*, Vol. 102, N° 7, pp. 335-345.
- FINSON, Kevin D.; BEAVER, John B.; CRAMOND, Bonnie L. (1995): "Development and Field Test of a Checklist for the Draw-A-Scientist Test" en *School Science and Mathematics*, Vol. 95, N° 4, pp. 195-205. En línea: <http://scienceresearchgroup.wikispaces.com/file/view/Development+and+field+test+of+DAST-C.pdf>
- FORT, Deborah C.; VARNEY, Heather L. (1989): "How students see scientists: Mostly male, mostly white, and mostly benevolent" en *Science and Children*, Vol. 26, N° 8, pp. 8-13.
- FURMAN, Melina; PODESTÁ, María Eugenia de (2009): *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- GALLEGO TORRES, Adriana Patricia (2007): "Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 4, N° 1, pp. 141-151. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/920/92040109.pdf>
- GALLEGO TORRES, Adriana Patricia; GALLEGO BADILLO, Rómulo (2007): "Historia, Epistemología y Didáctica de las Ciencias: unas relaciones necesarias" en *Ciência & Educação*, Vol. 13, N° 1, pp. 85-98. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. En línea: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=251019509006>
- GARDNER, Howard (1980): *Artful Scribbles. The Significance of Children's Drawings*. New York: Basic Books.
- GIMENO SACRISTÁN, José; PÉREZ GÓMEZ, Ángel Ignacio (1993): *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Ed. Morata.
- GOLOMBEK, Diego A. (2008): "Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. Documento básico" en *IV Foro Latinoamericano de Educación. Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades*. Buenos Aires: Fundación Santillana. En línea: <http://www.oei.es/salactsi/4FOROdoc-basico2.pdf>
- GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel; POZO, Juan Ignacio; GUTIÉRREZ JULIÁN, María Sagrario (2004): "Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos" en *Revista Educación Química*, Vol. 15, N° 3, pp. 198-209.
- GUERRA RETAMOSA, Carmen (2004): "Laboratorios y batas blancas en el cine" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 1, N° 1, pp. 52-63. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=92010106>
- GUISASOLA, Jenaro; MORENTIN, Maité (2007): "¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria?" en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6, N° 2, pp. 246-262. En línea: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART2_Vol6_N2.pdf
- GUNDERSON, Lance (1999): "Resilience flexibility and adaptive management - Antidotes for spurious certitude?" en *Conservation Ecology*, Vol. 3, N° 1. En línea: <http://www.ecologyandsociety.org/vol3/iss1/art7/>
- HAREAU, Annie; HOFSTADTER, Raúl; SAIZAR, Andrés (1999): "Vulnerability to climate change in Uruguay: potential impacts on the agricultural and coastal resource sectors and response capabilities" en *Climate Research*, Vol. 12, pp. 185-193. En línea: http://www.int-res.com/articles/cr/12_2/c012p185.pdf
- HAYNES, Roslynn (2003): "From Alchemy to Artificial Intelligence: Stereotypes of the Scientist in Western Literature" en *Public Understanding of Science*, Vol. 12, N° 3, pp. 243-253.
- HILDEBRAND, Lawrence P. (2002): "Integrated Coastal Management: Lessons Learned and Challenges Ahead". Discussion Document for *Managing Shared Water/Coastal Zone Canada 2002*, International Conference. Hamilton, Ontario, Canada - June 2002.
- IZQUIERDO AYMERICH, Mercè (2005): "Hacia una teoría de los contenidos escolares" en *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), pp. 111-122. En línea: <http://143.106.76.15/site/aulas/119/izquierdo1.pdf>
- IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè; ALIBERAS, Joan (2004): *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències: Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la UAB.
- JANE, B.; FLEER, M.; GIPPS, J. (2007): "Changing children's views of science and scientists through school-based teaching" en *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 8, N° 1, Art. 11. En línea: http://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v8_issue1_files/janfleer.pdf
- JODOROWSKY, Alejandro (2001): "Misterios del tiempo" en A. Jodorowsky: *El paso del ganso. Fábulas y relatos*, p. 105. México: Ed. Mondadori.
- JOSÉ PONT, Jordi; MORENO LUPIÁÑEZ, Manuel (2003): *Física i Ciència-Ficcio*. Barcelona: Copistería Miracle S.A.
- KOREN, Pazit; BAR, Varda (2009): "Perception of the Image of Scientist by Israeli Student Teachers from Two Distinct Communities in Israel: Arabs and Jews" en *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, Vol. 5, N° 4, pp. 347-356. En línea: http://www.ejmste.com/v5n4/EURASIA_v5n4_Koren.pdf
- KREIMER, Pablo (2009): *El científico también es un ser humano. La ciencia bajo la lupa*. Buenos Aires: Siglo XXI editores. Colección ciencia que ladra...
- LE GOFF, Jacques (1996): *Los intelectuales en la Edad Media*. Barcelona: Gedisa Editorial.
- LEDERMAN, Norman G. (1999): "Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship" en *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 36, N° 8, pp. 916-929.
- LEDERMAN, Norman G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad.; BELL, Randy L.; SCHWARTZ, Renée S. (2002): "Views of Nature of Science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science" en *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, N° 6, pp. 497-521.
- LEMAY, Michele H. (1998): "Manejo de los recursos costeros y marinos en América Latina y el Caribe. Informe técnico". Washington, D.C. N° ENV-128. En línea: <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2010/07139es.pdf>
- LEYMONIÉ SÁENZ, Julia y cols. (2009): *Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Santiago de Chile: OREALC/UNESCO-LLECE. En línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001802/180275s.pdf>
- LIANG, Ling L.; CHEN, Sufen; CHEN, Xian; KAYA, Osman Nafiz; ADAMS, April Dean; MACKLIN, Monica; EBENEZER, Jazlin (2006): "Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument". Paper preparado para *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)* (Abril 3-6, San Francisco). En línea: http://www.gb.nrao.edu/~sheather/For_Sarah/itit%20on%20nature%20of%20science/SUSSI.pdf
- LIGUORI, Lilita; NOSTE, María Irene (2005): *Didáctica de las Ciencias Naturales. Enseñar Ciencias Naturales*. Rosario: Homo Sapiens Ediciones.
- LONG, Marilee; STEINKE, Jocelyn (1996): "The Thrill of Everyday Science: Images of Science and Scientists on Children's Educational Science Programmes in the United States" en *Public Understanding of Science*, Vol. 5, N° 2, pp. 101-119.
- LOSH, Susan C.; WILKE, Ryan; POP, Margareta (2008): "Some Methodological Issues with 'Draw a Scientist Tests' among Young Children" en *International Journal of Science Education*, Vol. 30, N° 6, pp. 773-792. En línea: <http://mailer.fsu.edu/~slosh/DrawJSE200830773792.pdf>
- LOTTER, Christine; HARWOOD, William S.; BONNER, J. José (2007): "The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices" en *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 44, N° 9, pp. 1318-1347.

- LOUREIRO, Silvia (2011): "Análisis de las concepciones de ciencia que subyacen a los procesos educativos en el área científico-tecnológica". Tesis de Maestría. Maestría en Química Orientación Educación en Química. Facultad de Química, Universidad de la República. En línea: http://www.fing.edu.uy/uni_ens/TesisMaestria_SL.pdf
- LOUREIRO, Silvia; MÍGUEZ, Marina (2009-2010): "Análisis de las concepciones de ciencia que subyacen a los procesos educativos en el área científico-tecnológica" en *Anuario Latinoamericano de Educación Química* (ALDEQ), Vol. XXV.
- LOUREIRO, Silvia; MÍGUEZ, Marina; OTEGUIL, Ximena (2001-2002): "En las puertas del siglo XXI... y aún esa lejana ciencia" en *Anuario Latinoamericano de Educación Química* (ALDEQ), Vol. XV.
- MANZOLI, Federica; CASTELFRANCHI, Yuri; GOUTHIER, Daniele; CANNATA, Irene (2006): "Children's perceptions of science and scientist. A case study based on drawings and story-telling", presentado ante la IX *International Conference on Public Communication of Science and Technology (PCST-9): "Scientific Culture for Global Citizenship"* (Mayo 17-20, 2006, Seúl). En línea: http://www.academia.edu/443794/CHILDREN_S_PERCEPTIONS_OF_SCIENCE_AND_SCIENTISTS_A_CASE_STUDY_BASED_ON_DRAWINGS_AND_STORY_TELLING
- MAOLDOMHNAIGH, Micheal O.; HUNT, Aine (1988): "Some Factors Affecting the Image of the Scientist Drawn by Older Primary School Pupils" en *Science and Technological Education*, Vol. 6, Nº 2, pp. 159-166. En línea: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0263514880060206>
- MAOLDOMHNAIGH, Micheal O.; MHAOLAIN, Vera Ni (1990): "The perceived expectation of administrator as a factor affecting the sex of scientists drawn by early adolescent girls" en *Research in Science and Technological Education*, Vol. 8, Nº 1, pp. 69-74.
- MARÍN, Nicolás; BENARROCH, Alicia; NIAZ, Mansoor (2011): "Revisión de Consensos sobre Naturaleza de la Ciencia" en *Revista de Educación*, 361 (Mayo-agosto). En línea: <http://www.educacion.gob.es/dctm/revista-de-educacion/doi/361137.pdf?documentId=0901e72b811d3ce9>
- MATTHEWS, Michael R. (1994): *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- MATTHEWS, Michael R. (2000): *Time for Science Education. How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- McCOMAS, William F. (ed.) (1998): *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McCOMAS, William F.; FARLAND-SMITH, Donna (2006): "Deconstructing the DAST (Draw-a-Scientist-Test): Considering the Validity and Reliability of E-DAST (enhanced DAST)", presentado en el *Annual meeting of the School Science and Mathematics Association* (Missoula, MT).
- McCOMAS, William F.; FARLAND-SMITH, Donna (2007): "The Enhanced DAST: Technical aspects of a new measure of assessing students' views of scientists". *Paper* presentado en el *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (Abril 15-18, Nueva Orleans).
- MEAD, Margaret; MÉTRAUX, Rhoda (1957): "Image of the Scientist among High-School Students. A Pilot Study" en *Science*, Vol. 126, Nº 3270, pp. 384-390. En línea (Primera página del documento): <http://www.sciencemag.org/content/126/3270/384>
- MEDINA CAMBRÓN, Alfons; SORBIAS MORALES, Carolina; BALLANO MACÍAS, Sonia (2007): "La publicidad y sus complejas relaciones con el discurso científico" en *Questiones publicitarias*, Vol. I, Nº 12, pp. 77-90. En línea: http://www.maecei.es/pdf/n12/articulos/La_publicidad_y_sus_complejas_relaciones_con_el_discurso_cientifico.pdf
- MENAFRA, Rodrigo; CONDE, Daniel; ROCHE, Ingrid; GORFINKIEL, Denise; PÍRIZ, Clara; BALIERO, Washington; BIASCO, Emilio; FOS-SATI, Mónica; LORENZO, Eugenio; CORTAZZO, Rafael; FOURNIER, Robert (2009): "Challenges and perspectives for integrated coastal management in Uruguay" en *Ocean Yearbook*, Vol. 23.
- MÍGUEZ, Marina; LOUREIRO, Silvia (2009): "Una aproximación a la imagen de ciencia y científico en las aulas" en *III Coloquio Pensamiento y Actualidad. Pensar lo regional en un contexto global*, Vol. 1, pp. 275 -283, Montevideo: CSIC/FHCE.
- MORIN, Edgar (1984): *Ciencia con consciencia*. Barcelona: Anthropos Editorial del Hombre.
- MULEMWA, Jane; MEHTA, Jayshree; SJØBERG, Svein (2000): "Science And Scientists: The SAS-study. Cross-cultural evidence and perspectives on pupils' interests, experiences and perceptions". En línea: <http://folk.uio.no/sveinsj/SASstest.htm>
- NEPOTE, Juan (2011): *Científicos en el ring. Luchas, pleitos y peleas en la ciencia*. Buenos Aires: Siglo XXI editores. Colección ciencia que ladra...
- NEWTON, Douglas P.; NEWTON, Lynn D. (1992): "Young children's perception of science and the scientist" en *International Journal of Science Education*, Vol. 14, Nº 3, pp. 331-348.
- NICOLESCU, Basarab (1996): *La transdisciplinarité. Manifeste*. Mónaco: Éditions du Rocher.
- ODELL, Michael R. L.; HEWITT, Patricia; BOWMAN, J.; BOONE, William J. (1993): "Stereotypical images of scientists: A cross-age study", presentado en el *41st Annual National Meeting of the National Science Teachers Association* (Kansas City, MO).
- OECD (1993): *Coastal Zone Management, Integrated Policies*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- OSBORNE, Jonathan (2002): "Hacia una educación científica para una cultura científica" en M. Benlloch (comp.): *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Ed. Paidós Educador.
- PARKER, Glenn M. (2003): *Cross-functional teams. Working with Allies, Enemies, and Other Strangers*. San Francisco: Jossey-Bass.
- PARSONS, Eileen Carlton (1997): "Black high school females' images of the scientist: Expression of culture" en *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34, Nº 7, pp. 745-768.
- PEÑUELA VELÁSQUEZ, L. Alejandro (2005): "La transdisciplinariedad. Más allá de los conceptos, la dialéctica" en *Andamios. Revista de Investigación Social*, Vol. 1, Nº 2, pp. 43-78. En línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-00632005000300003
- PERKINS, David (2008): *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona: Gedisa Editorial.
- PORLÁN, Rafael (1999): "Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación" en M. Kaufman; L. Fumagalli: *Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires: Ed. Paidós Educador.
- POZO, Juan Ignacio (2006): *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Ed. Morata.
- POZO, Juan Ignacio; GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel (1998): *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ed. Morata.
- PUJALTE, Alejandro; BONAN, Leonor; PORRO, Silvia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2010): "Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico y sus vínculos con la enseñanza científica: estado del arte y cuestiones pendientes" en *IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. San Miguel de Tucumán, Argentina (Organizadores: Universidad Nacional de Tucumán y ADBIA).
- PUJALTE, Alejandro; GANGUI, Alejandro; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2012): "La ciencia en los cuentos": Análisis de las imágenes de científico en literatura juvenil de ficción" en *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 19, Nº 3, pp. 261-270. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=10423895008>
- PUJOL, Rosa María (2003): *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Ed. Síntesis.
- RAMOS DE ROBLES, Silvia Lizette (2008): "Cultura con-ciencia: su manifestación dentro de la formación de los futuros docentes de primaria" en *Quaderns Digitals*, Nº 51. En línea: http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=10426
- RÄTY, Hannu; SNELLMAN, Leila (1997): "Children's images of an intelligent person" en *Journal of Social Behavior and Personality*, Vol. 12, Nº 3, pp. 773-784.

- RESTREPO, Eduardo (2007): "La entrevista como técnica de investigación social: Notas para los jóvenes investigadores". Bogotá: Pensar, Instituto de Estudios Sociales y Culturales, Universidad Javeriana. En línea: <http://www.ram-wan.net/restrepo/borradores.htm>
- REVEL CHION, Andrea; COULÓ, Ana; ERDURAN, Sibel; FURMAN, Melina; IGLESIA, Patricia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2005): "Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar" en *VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, Granada.
- RIESTRA, Dora (2002): "Lectura y escritura en la universidad: las consignas de tareas en la planificación de la reenseñanza de la lengua" en *RILL, Revista del Instituto de Investigaciones Lingüísticas y Literarias Hispanoamericanas*, N° 15, pp. 54-68. Facultad de Humanidades y Artes de la Universidad de San Miguel de Tucumán. En línea: http://www.ehu.es/PAT/compel/ianak/Lectura_y_escritura_en_la_universidad_la_importancia_de_la_consigna_de_la_tarea.pdf
- RIESTRA, Dora (2004): "Las consignas de trabajo en el espacio socio-discursivo de la enseñanza de la lengua" (Tesis de doctorado). Universidad de Ginebra. En línea: http://doc.rero.ch/record/3664/files/these_RiestraD.pdf?ln=frversion=1
- ROCA CHIRICO, Beatriz; PÉREZ ROMERO, Gina Marilyn (2009): *Libro de Ciencias Naturales de quinto año*. Montevideo: CEIP.
- RODARI, Paola (2007): "Science and scientists in the drawings of European children" en *JCOM, Journal of Science Communication*, Vol. 6, N° 3. En línea: <http://jcom.sissa.it/archive/06/03/Jcom0603%282007%29C01/Jcom0603%282007%29C04/Jcom0603%282007%29C04.pdf>
- ROSENTHAL, Dorothy B. (1993): "Images of scientists: A comparison of biology and liberal arts studies majors" en *School Science and Mathematics*, Vol. 93, N° 4, pp. 212-216.
- RUIZ, Rosaura; AYALA, Francisco J. (1998): *El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- SAMAJA, Juan (1999): *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba.
- SANJURJO, Liliana, RODRÍGUEZ, Xulio (2003): *Volver a pensar la clase. Las formas básicas de enseñar*. Rosario: HomoSapiens Ediciones.
- SANMARTÍ, Neus (2002): *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Ed. Síntesis.
- SANMARTÍ, Neus (2002): "¿Cuál es la naturaleza de la ciencia?" (Cap. 2) en *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Ed. Síntesis.
- SANMARTÍ, Neus (coord.) (2003): *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62.
- SANMARTÍ, Neus; TARÍN, Rosa M. (1999): "Valores y actitudes: ¿se puede aprender ciencias sin ellos?" en *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, N° 22, pp. 55-65.
- SCHERZ, Zahava; OREN, Miri (2006): "How to change students' images of science and technology" en *Science Education*, Vol. 90, N° 6, pp. 965-985.
- SCHUMMER, Joachim (2006): "Historical Roots of the 'Mad Scientist': Chemists in Nineteenth-century Literature" en *Ambix*, Vol. 53, N° 2, pp. 99-127. En línea: http://www.joachimschummer.net/papers/2006_MadScientist_Ambix.pdf
- SCHWAB, Joseph J. (1983): "The practical 4: Something for Curriculum Professors To Do" en *Curriculum Inquiry*, Vol. 13, N° 3. En línea (Primera página del documento): <http://www.jstor.org/discovser/10.2307/1179606?uid=2&uid=4&sid=21101590701947>
- SEELIGER, Ulrich; ODEBRECHT, Clarisse (1998): "Introdução e Aspectos Gerais" en U. Seeliger; C. Odebrecht; J. P. Castello (eds.): *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, pp. 1-4. Rio Grande: Editora Ecoscientia.
- SERAFINI, Gabriel (1993): "Las inquietudes del Sr. K sobre la rigurosidad de los contenidos escolares" (Cap. 4) en H. Weissmann (comp.): *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones*. Buenos Aires: Ed. Paidós Educador.
- SHE, Hsiao-Ching (1998): "Gender and grade level differences in Taiwan students' stereotypes of science and scientists" en *Research in Science and Technological Education*, Vol. 16, N° 2, pp. 125-135.
- SILVER, Brian L. (2005): *El ascenso de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica (1ª edición en español).
- SJØBERG, Svein (2000): "Science and scientists: The SAS-study" en *Acta Didactica*, 1, pp. 1-73.
- SONG, Jinwoong; KIM, Kwank-Suk (1999): "How Korean students see scientists: The images of the scientist" en *International Journal of Science Education*, Vol. 21, N° 9, pp. 957-977.
- SYMINGTON, David; SPURLING, Heather (1990): "The 'Draw a Scientist Test': interpreting the data" en *Research in Science and Technological Education*, Vol. 8, N° 1, pp. 75-77. En línea (Primera página del documento): <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0263514900080107#preview>
- TALSMA, Valerie L. (2007): "Scientist As 'Self' And 'Other': Using Self-Schema Theory As A Heuristic For The DAST". Paper presentado en *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (Abril 15-18, Nueva Orleans).
- TAI, Chin-Chung (2002): "Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science" en *International Journal of Science Education*, Vol. 24, N° 8, pp. 771-783.
- TURNER, Monica G.; CARPENTER, Stephen R. (1999): "Tips and Traps in Interdisciplinary Research" en *Ecosystems*, Vol. 2, N° 4, pp. 275-276.
- TÜRKMEN, Hakan (2008): "Turkish Primary Students' Perceptions about Scientist and What Factors Affecting the Image of the Scientists" en *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2008, 4(1), pp. 55-61. En línea: http://www.ejmste.com/v4n1/Eurasia_v4n1_Turkmen.pdf
- URSE VIGLIANTE, Juan Carlos (2001): *Los obstáculos epistemológicos según Gastón Bachelard*. Montevideo: Ediciones Graphós.
- ÜNVER, Ayşe Oğuz (2010): "Perceptions of Scientists: A Comparative Study of Fifth Graders and Fourth Year Student Teachers" en *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 4, N° 1 (June), pp. 11-28. En línea: http://www.nef.balikesir.edu.tr/~dergi/makaleler/yayinda/8/EFMED_FBE150.pdf
- VALLERY RADOT, René (1945): *La vida de Pasteur*. Buenos Aires: Ed. Juventud Argentina, 5ª edición. En línea: <http://www.librosmaravillosos.com/lavidadepasteur/index.html>
- VAN DEN EYNDE, Ángeles (1994): "Género y ciencia, ¿términos contradictorios? Un análisis sobre la contribución de las mujeres al desarrollo científico" en *Revista Iberoamericana de Educación*, N° 6, *Género y Educación* (Septiembre-Diciembre 1994). En línea: <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie06a03.pdf>
- VILCHEZ-GONZÁLEZ José Miguel; PALACIOS, F. Javier Perales (2006): "Image of science in cartoons and its relationship with the image in comics" en *Physics Education*, Vol. 41, N° 3, pp. 240-249.
- VINCENT, Diane (2007): "Cómo adelantar una investigación mediante entrevistas" (Cap. 9) en J. Létourneau: *La caja de herramientas del joven investigador. Guía de iniciación al trabajo intelectual*, pp. 167-178. Medellín: La Carreta Editores. En línea: <http://es.scribd.com/doc/103054193/Letourneau-Jocelyn-Caja-de-herramientas-del-joven-investigador>
- VYGOTSKY, Lev S. (1987): *Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Buenos Aires: Ed. La Pléyade.
- WEINGART, Peter; MUHL, Claudia; PANSEGRAU, Petra (2003): "Of Power Maniacs and Unethical Geniuses: Science and Scientists in Fiction Film" en *Public Understanding of Science*, Vol. 12, N° 3, pp. 279-287. En línea: http://www.claudia-muhl.de/weingart-muhl-pansegrau_film.pdf
- WITTRÖCK, Merlin C. (1989): *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. Barcelona: MEC/Ed. Paidós Ibérica.
- WOOLGAR, Steve (1991): *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona: Ed. Anthropos.
- ZABALA, Antoni (1997): *La práctica educativa. Cómo enseñar*. Barcelona: Ed. Graó.

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de febrero de 2013
en Montevideo, Uruguay.