

# El enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología

.....  
**MARIANO MARTÍN GORDILLO**

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA (CONACYT) - PARAGUAY**

**Coordinación General de Prociencia**  
Sergio Duarte Masi

**Coordinación de la Cátedra Ciencia ,Tecnología  
y Sociedad (CTS)-Paraguay**  
María de la Paz Bareiro

**Secretario Técnico del Área de Ciencias (OEI)**  
Juan Carlos Toscano

**Equipo técnico**  
Carlina Ibañez  
Paloma Núñez

Asunción, 2017.

Email: [catedracts@conacyt.gov.py](mailto:catedracts@conacyt.gov.py)  
Web: [www.conacyt.gov.py](http://www.conacyt.gov.py)  
Teléfono (s): (595 21) 606 772 / 606 773 / 606 774  
Dr. Bernardino Caballero N° 1240 entre Eusebio  
Lillo y Tte. Vera  
Asunción - Paraguay

ISBN 978-99967-829-4-7





# **El enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología**

.....  
**MARIANO MARTÍN GORDILLO**

# Contenidos

<b>1. La cultura científica y los fines de la educación</b> .....	<b>7</b>
1.1 Educar para la cultura científica: algunos dilemas .....	7
1.2 La ciencia en las aulas: percepciones de los alumnos .....	13
1.3 La ciencia en las aulas: retos de los docentes .....	19
<b>2. El enfoque CTS</b> .....	<b>24</b>
2.1 CTS y educación .....	24
2.2 Finalidades y métodos de la educación CTS .....	26
2.3 Enfoques de la educación CTS .....	31
2.4 Experiencias y modos de implantación de CTS en la enseñanza .....	34
2.5 Los casos CTS como alternativa didáctica .....	36
<b>3. Dos paradigmas educativos</b> .....	<b>38</b>
3.1 Tomar partido, tomar parte, formar parte .....	38
3.2 ¿Aulas 1.0 para sociedades 2.0? .....	40
3.3 Paradigma narrativo-contemplativo vs. dialógico-participativo .....	41
<b>4. Simulaciones CTS: aprendiendo a participar en   controversias tecnocientíficas</b> .....	<b>44</b>
<b>5. Proyecto Contenedores: tendiendo puentes entre la   difusión de la cultura científica y la práctica educativa</b> .....	<b>52</b>
Referencias .....	57

# Presentación

Que la ciencia resulte atractiva e interesante para los ciudadanos es fundamental para su futuro. El de la ciencia y el de todos. Del interés que se pueda despertar en las primeras edades depende que sean más (y más creativos) quienes se planteen la posibilidad de dedicarse a la ciencia en el futuro. Pero también que sean más (y más formados) los que entiendan las claves del mundo en el que vivimos y participen responsablemente en él. Porque la ciencia no es solo un posible destino profesional para unos pocos. Es también un elemento básico en la educación y en la vida de todos.

Este módulo se abre precisamente con algunas reflexiones sobre estos temas. Sobre la diferencia entre una educación científica que apueste por promover vocaciones y una enseñanza propedéutica que las presuponga. Ese debate o las maneras de superar el falso dilema que entraña son algunos de los asuntos que se tratan en el primer apartado. En él también se aborda la percepción de los alumnos sobre la relevancia de la cultura científica a partir de algunos datos empíricos que seguramente contrastan con las intuiciones típicas de algunos adultos. Tras la mirada de los alumnos sobre estos temas será el turno de los profesores. Y así, el primer apartado del módulo se cierra con diez interrogantes para dar que pensar sobre los retos que los docentes de ciencias deben afrontar en su profesión.

En el segundo apartado se abordan de modo central diversos aspectos que caracterizan al enfoque CTS en el ámbito educativo. Entre ellos, sus finalidades y sus métodos, los distintos planteamientos y modos de implantación que se han venido desarrollando en los currículos y referencias a las experiencias internacionales en educación CTS, destacándose la importancia que entre ellas tienen los casos CTS como alternativa didáctica.

Una reflexión sobre la importancia en las sociedades del siglo XXI de la educación para la participación y la necesidad de promover un nuevo paradigma educativo dialógico-participativo, que supere al tradicional narrativo-contemplativo que sigue presidiendo la actividad en muchas aulas, sirve de puente en el tercer apartado entre los contenidos de los dos primeros y las propuestas prácticas sobre materiales didácticos para la educación CTS que pretenden adscribirse a ese nuevo paradigma educativo y que dan contenido a los dos últimos apartados del módulo.

Y después de las reflexiones y de los análisis conceptuales, los aspectos más prácticos relacionados con el trabajo en el aula.

En el apartado cuarto se presentan varias propuestas didácticas centradas en la educación para la participación a través de controversias simuladas. En el quinto se describen los materiales del Proyecto Contenedores que vienen utilizando desde 2009 los docentes de la Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica, y que también pueden ser de gran utilidad para los participantes en esta Cátedra. Precisamente, algunos de los materiales de estos dos últimos apartados servirán de base a los talleres prácticos de las sesiones presenciales de este primer módulo.

Este documento pretende, por tanto, mantener un equilibrio entre lo conceptual y las propuestas prácticas. Su propósito es ayudar a promover para lo más importante: la reflexión, el diálogo y el intercambio entre los participantes paraguayos, que con este primer módulo inician su recorrido en la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

## Objetivos:

- ▷ Conocer el significado del enfoque de Cien-

cia, Tecnología y Sociedad (CTS) en el ámbito educativo y las finalidades que orientan su implementación curricular.

- ▷ Conocer estrategias didácticas que subrayen la relevancia social de la cultura científica y superen las fronteras entre las disciplinas científicas y la formación humanística.
- ▷ Analizar herramientas empíricas que permitan obtener información sobre la percepción que los adolescentes tienen sobre la ciencia escolar.
- ▷ Reflexionar sobre la responsabilidad que en la generación de vocaciones científicas tienen las instituciones educativas y la profesión docente.
- ▷ Distinguir y enjuiciar los distintos enfoques que se pueden adoptar en el desarrollo de experiencias de educación CTS, así como los diferentes modos de implantación y desarrollos didácticos de este tipo de propuestas.
- ▷ Analizar las diferencias entre los paradigmas inerciales de tipo narrativo- contemplativo que han presidido tradicionalmente la práctica docente y los paradigmas emergentes de naturaleza dialógica y participativa, valorando las diferentes competencias requeridas en ellos y los cambios metodológicos que comporta el segundo.
- ▷ Participar en controversias simuladas sobre cuestiones tecnocientíficas que involucren procesos de negociación y toma de decisiones analizando las estrategias que requiere poner en marcha para su uso en el aula.
- ▷ Adquirir las competencias que requiere una práctica docente orientada a promover la participación de los alumnos en procesos de negociación y toma de decisiones en relación con el desarrollo tecnocientífico en clave CTS.
- ▷ Conocer y analizar el diseño de materiales didácticos CTS que propicien el aprendizaje de la participación social en ciencia y tecnología.
- ▷ Analizar propuestas didácticas orientadas a desarrollar en el aula investigaciones conceptuales, empíricas y creativas que combinen sencillez con versatilidad y aprovechen recursos desarrollados para la divulgación científica en la prensa iberoamericana.

# 1

# La cultura científica y los fines de la educación

## 1.1 Educar para la cultura científica: algunos dilemas

¿Cómo debe ser la educación de los ciudadanos del siglo XXI? ¿Qué papel deben jugar en ella las cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología? Son preguntas importantes que requieren respuestas urgentes. Son importantes porque es incuestionable la relevancia de la ciencia, la tecnología y la educación en el nuevo siglo. Son urgentes porque ya no plantean retos del futuro sino dilemas del presente.

Aunque es un tópico afirmar que los jóvenes que nacen en el siglo XXI son educados por profesores formados en el siglo XX en escuelas que aún parecen del siglo XIX, al menos lo primero es completamente cierto. Los adolescentes que están ahora en la educación secundaria y, por supuesto, los niños que están en primaria son ya ciudadanos del nuevo siglo. En nuestras aulas se está educando la primera generación que no tiene memoria de otro tiempo que los años vividos en el siglo XXI.

Nuestros jóvenes son esos nativos digitales que habitan un mundo en el que la ciencia y la tecnología son imprescindibles y se desarrollan con gran celeridad. Y es bien cierto. Aunque los adultos con memoria significativa del siglo XX aún recordamos ese tiempo en

el que el cambio social y el cambio técnico se daban a escala intergeneracional, hoy somos conscientes de que se dan a escala intrageneracional (Fernández Enguita, 2016). A lo largo de una vida, el mundo cambia mucho más que lo que antes cambiaba de una generación a la siguiente.

Vivimos, por tanto, en un mundo nuevo en el que el desarrollo tecnocientífico es mucho más relevante que nunca. Tanto, que hablamos de sociedad del conocimiento y sociedad del riesgo para intentar caracterizar lo definitorio de nuestro presente.

Frente a las sociedades agrarias e industriales, en las que la ciencia y la tecnología tenían un papel limitado y generaban riesgos apenas perceptibles, en las sociedades del conocimiento y del riesgo el desarrollo tecnocientífico es un factor determinante del progreso económico y la mejora de la calidad de vida. Pero, además, dicho desarrollo puede tener efectos sobre el medioambiente o la salud de alcance mucho mayor y más apreciable que en ningún otro tiempo anterior. Por eso la alfabetización tecnocientífica de los ciudadanos es una condición imprescindible para hacer posible su participación en la evaluación de los

riesgos derivados del desarrollo tecnocientífico y en las decisiones que requiere su control democrático.

Hoy es evidente que una persona no será culta si su educación no incluye también una formación adecuada en relación con la ciencia y la tecnología. Y ello esto se da por algo obvio: porque la ciencia y la tecnología forman ya parte de la cultura en un grado no menor que la historia, la literatura o la filosofía.

Es más, nuestras sociedades no pueden permitirse hoy el elitismo que caracterizó a los sistemas educativos del pasado, en los que la cultura (humanística) era patrimonio de minorías ilustradas. En las sociedades del conocimiento ya no son la fuerza física o la disciplina para el trabajo industrial las cualidades que han de tener la mayoría de los individuos. El conocimiento, la cultura en sentido amplio y la adquisición de múltiples y nuevas competencias son las condiciones que requiere el ejercicio de una ciudadanía plena en las sociedades del siglo XXI.

Pero, sabido que los ciudadanos del siglo XXI no son seres del futuro sino nuestros jóvenes de hoy, y reconocida la importancia de la ciencia y la tecnología en su educación, la

cuestión es cómo podemos promoverla, cómo propiciar que tengan éxito en ella.

El elitismo con que tradicionalmente se asociaba a la cultura humanística era coherente con una estructura social injusta en el que la escolarización no era universal. Sin embargo, hoy, que ya es real la escolarización universal durante un buen número de años, nuevas formas de elitismo tienden a hacer también minoritario el éxito en las disciplinas científicas y a naturalizar las razones del fracaso en ellas: “la física es muy difícil”, “yo no soy de ciencias”, “a mí no se me dan las matemáticas...”.

Pero, ¿es así? ¿Debe ser así? ¿Debemos aceptar como normal que una parte significativa de nuestros jóvenes teman, odien o huyan de las disciplinas escolares relacionadas con las ciencias? ¿Podemos permitirnoslo? ¿Nos sobran ingenieros e investigadores? ¿Nos sobra cultura científica como consumidores, como usuarios de los sistemas de salud o simplemente como ciudadanos?

La respuesta negativa a esas preguntas es lo que da sentido a la reflexión sobre los dilemas (quizá falsos) que se presentan a continuación y a las propuestas prácticas (quizá relevantes) que se exponen en los últimos apartados de este módulo.

### 1.1.1 ¿Ciencia propedéutica para formar científicos o cultura científica para educar ciudadanos?

Seguramente, el primer dilema que se presenta en relación con la enseñanza de las ciencias es el de sus fines y destinatarios: ¿para qué se enseñan?, ¿a quién se pretende formar con ellas? La respuesta a estas cuestiones es clara cuando hablamos de la educación superior. Allí se enseñan para formar a los futuros científicos, investigadores, ingenieros, arquitectos y, en general, a los especialistas que se necesitan en un mundo en el que la ciencia, la

tecnología y la innovación son parte esencial del desarrollo económico y el progreso social. En muchos países, los profesores de ciencias y tecnologías son formados inicialmente como especialistas en sus respectivos campos disciplinares. Seguramente por ello les podrá resultar más próxima una concepción propedéutica del sentido de su actividad como docentes: las ciencias y las tecnologías se enseñan principalmente para formar a los futuros especialistas en esos campos.



Esa visión propedéutica de la enseñanza de las ciencias y las tecnologías hace que la justificación de los contenidos, métodos y enfoques que articulan su enseñanza en los niveles básicos se halle en los contenidos, métodos y enfoques de la misma en los niveles superiores. La ciencia enseñada en la educación básica debería servir, por tanto, como preparación de los saberes y competencias que necesitarán haber adquirido quienes se vayan a dedicar profesionalmente a ella.

El énfasis propedéutico de la enseñanza de las ciencias en la educación básica tiene, sin embargo, algunos efectos secundarios. El primero, su carácter minoritario: ¿para qué estudiar ciencias si no me voy a dedicar a ellas?, ¿por qué deben formar parte las ciencias de las enseñanzas comunes si su utilidad está principalmente en la formación de especialistas? El segundo, su dificultad para despertar vocaciones científicas: ¿se fomenta el gusto por la ciencia dándolo por supuesto?, ¿es la invocación de su utilidad propedéutica la mejor forma de motivar hacia los contenidos científicos en la educación básica?

No estamos sobrados de vocaciones científicas. Tampoco parece deseable que la cultura general de todos los ciudadanos no incluya la ciencia y la tecnología. Por tanto, la necesaria función propedéutica que ha de tener la enseñanza de las ciencias no puede ser su única justificación. Tampoco puede plantearse dicha función como contrapuesta o incompatible con el fomento de una cultura científica dirigida al conjunto de los ciudadanos. Sobre todo porque no hay ninguna razón para ello.

La contraposición entre el papel propedéutico de la educación científica y su orientación hacia la promoción de la cultura científica entre todos los ciudadanos es un dilema indeseable. En primer lugar, porque no podemos permitirnos que la mayoría de los ciudadanos sean ajenos a las claves que les permitan comprender el desarrollo tecnocientífico y partici-

par en las decisiones relacionadas con él. Por otra parte, porque tampoco podemos permitirnos perder talentos que podrían dedicarse a la ciencia simplemente porque, lejos de despertar vocaciones, los encadenamientos entre determinadas disciplinas (matemáticas, física, química) y unos contenidos justificados únicamente por su utilidad futura alejen definitivamente a muchos jóvenes de la posibilidad de dedicarse a la investigación científica y la innovación tecnológica.

Que a los diez, doce o catorce años no les gusten o no se les den bien las matemáticas a algunos jóvenes no debe considerarse como un estigma ni un pronóstico de fracaso para que, en el futuro, puedan llegar a ser en el futuro científicos tenaces y creativos (en educación, las únicas profecías que siempre aciertan son las autocumplidas). Por el contrario, las dificultades en esas disciplinas deberían ser una buena razón para revisar las prácticas docentes en ellas y un motivo más para hacer que los alumnos encuentren atractivo el conocimiento de las claves del funcionamiento de su mundo y, de ese modo, se despierte su interés hacia la ciencia y la tecnología.

Además de indeseable, la contraposición entre una ciencia propedéutica para futuros científicos y una cultura científica para la ciudadanía es un dilema falso. Los científicos no trabajan fuera de este mundo. La comprensión de su función y la conciencia de la responsabilidad de su actividad son tan importantes para su formación como el desarrollo de determinadas competencias específicas propias de su campo. De hecho, por su carácter más general y motivador, el fomento de esa cultura científica general es el camino para despertar vocaciones científicas. Romper en la educación básica las fronteras entre lo propio de los expertos y lo que afecta a los ciudadanos tiene efectos beneficiosos para todos. Facilita el interés hacia el conocimiento experto y promueve la responsabilidad ética y social en él.

### 1.1.2 ¿Enseñanza de los conceptos y procedimientos científicos o aprendizaje de la participación en controversias tecnocientíficas del mundo contemporáneo?

Es este un dilema estrechamente vinculado con el anterior: las controversias valorativas parecen propias del mundo ciudadano y social, mientras que el ámbito de la ciencia y la tecnología parece ocuparse únicamente de alcanzar verdades incuestionables y de diseñar artefactos útiles. Sin embargo, sobre qué temas nos interesa conocer más o según qué criterios resulta útil un artefacto son aspectos centrales en la actividad tecnocientífica que no escapan al ámbito de los valores y las controversias.

Se puede investigar sobre las enfermedades infecciosas o sobre el envejecimiento, pero destinar más recursos a un campo científico o a otro tiene consecuencias sobre distintos grupos de seres humanos y responde a valores e intereses bien diferentes. Orientar hacia la eficiencia energética el diseño de los edificios o de los automóviles supone desarrollos tecnocientíficos distintos que responden a claves normativas o valorativas que no serán las mismas si no se da prioridad a la sostenibilidad ambiental. Ampliar el campo de comprensión de la actividad tecnocientífica y entender que el contexto histórico y social están íntimamente relacionados con el propio desarrollo de la ciencia y la tecnología supone superar esa concepción ingenua según la cual en el desarrollo de la mecánica clásica pudo tener mayor incidencia la anécdota de la supuesta caída de una manzana sobre la cabeza de Newton que el contexto de la revolución industrial.

Aprender a distinguir lo cierto de lo falso y aprender las estrategias investigadoras que permiten alcanzar y justificar conocimientos ciertos forman parte de la esencia de la educación científica. Pero no más que aprender a distinguir los valores e intereses que hacen

más deseable desarrollar determinados conocimientos científicos y productos tecnológicos. Ni tampoco más que aprender a participar en las decisiones sobre los dilemas que nos afectan, sea como consumidores, como miembros de una comunidad o como habitantes del planeta. Incluso aprender a apreciar la estrecha relación entre el conocimiento científico y los valores estéticos hace que sean más fáciles los puentes entre el conocimiento científico sobre la biodiversidad y las actitudes proclives a disfrutarla y preservarla. Como también es más fácil apreciar la belleza de la geometría o de las catedrales cuando se tiene en cuenta el modo en que los gremios que se dedicaban a ellas vivían la relación entre lo que sabían, lo que creían y lo que hacían. Halla, sintetiza, busca, define, clasifica, selecciona, demuestra... Son verbos propios de la dimensión conceptual y procedimental en la enseñanza tradicional de las ciencias. Actividades que deben ser valiosas a juzgar por la frecuencia con que aparecen en los procedimientos habituales de evaluación escolar. Verbos como esos son especialmente propicios para ser formulados en exámenes silenciosos a los que cada cual responde solo y por escrito.

Sin embargo, el trabajo real de los científicos y tecnólogos pocas veces es solitario y sólo en parte consiste en escribir sobre aquello con lo que trabajan. Su trabajo es habitualmente en equipo y lo desarrollan frecuentemente mediante colaboraciones interdisciplinarias, sus proyectos tienen contextos que requieren ser financiados y por tanto justificados, y esa justificación entraña muchas más actividades que escribir. Cooperar, valorar, justificar, presentar, dialogar, defender, discutir, convencer, difundir... son verbos que en absoluto son ajenos a la actividad científica. Que resulten me-

nos propicios para definir exámenes escolares no significa que deban estar menos presentes en la cotidianidad de las aulas de ciencias en las que se educan los niños y los jóvenes. Al contrario, tal dificultad debiera ser el motivo para revisar la pertinencia de que el examen decimonónico siga siendo en el siglo XXI la estrategia privilegiada de evaluación educativa. Y no sólo porque las actividades señaladas por esos otros verbos resulten mucho más motivadoras, sino porque se corresponden con competencias que son necesarias para la formación real de los científicos y para el ejercicio efectivo de la ciudadanía democrática en el mundo actual.

### **1.1.3 ¿Espacios naturales de la enseñanza de las ciencias o espacios curriculares protegidos para el fomento de la cultura científica?**

Los aspectos inerciales de los dos dilemas anteriores, el enfoque propedéutico y el predominio de lo conceptual, han venido configurando las formas más habituales de concebir la naturaleza de las disciplinas científicas escolares. Así el imaginario sobre cuál debe ser la finalidad y qué se puede hacer en los espacios naturales de la enseñanza de las ciencias (las asignaturas de matemáticas Matemáticas, física Física, química Química, biología Biología...) tiende a considerar que el aprendizaje de las teorías, leyes y conceptos de cada uno de esos campos científicos es lo propio de esas materias escolares. Y que tales contenidos son tan amplios que difícilmente queda tiempo para tratar otros relacionados con la cultura científica más contextualizada o con el aprendizaje de la participación ciudadana en los temas relacionados con el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Como no parece fácil superar esa situación por la vía de la reconstrucción de las materias tradicionales de ciencias en relación con sus

contenidos (¿cuáles dejar fuera?), métodos de enseñanza (¿hacer debates en las clases de ciencias?) o sistemas de evaluación (¿valorar otras cosas que no sean los conceptos?), en muchos lugares se ha optado por incluir nuevas materias relacionadas con la ciencia y la tecnología que tengan un carácter independiente de itinerarios formativos específicos y que se puedan relacionar más estrechamente con el fomento de la cultura científica necesaria para vivir en el mundo actual, y no sólo con el aprendizaje de los contenidos propedéuticos que caracterizarían a las asignaturas tradicionales de ciencias.

Así materias relacionadas con los temas de Ciencia, Tecnología y Sociedad (con ese u otros nombres) se han venido creando desde hace más de veinte años en los currículos de distintos países. Por ejemplo, en España, han existido materias optativas (como Ciencia, Tecnología y Sociedad, Proyecto de Investigación o Cultura Científica) o incluso obligatorias en todos los bachilleratos (como Ciencias para el Mundo Contemporáneo) cuya configuración ha respondido precisamente a esa intención de promover la cultura científica en clave no propedéutica. Serían, pues, espacios curriculares protegidos en los que se pretende superar esa suerte de principio de inercia escolar según el cual toda organización educativa permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo y uniforme, si no es sometida a la acción continua de una fuerza. La inercia escolar tiende a preservar las trayectorias propedéuticas y conceptuales de los currículos a menos que se generen y protejan espacios curriculares que respondan expresamente a otras lógicas. Por eso parece oportuno crear tales espacios, no disciplinares ni necesariamente disciplinados, en los que sea posible el desarrollo de acciones educativas que no sobrevivirían en otros hábitats curriculares.

Estas materias ocupan, por tanto, espacios curriculares protegidos en los que es posible desarrollar acciones educativas no orientadas por otros fines propedéuticos distintos de la

propia formación ciudadana. Son, por tanto, lugares propicios para el desarrollo en las aulas de actividades educativas tan valiosas como el diálogo, el debate o el trabajo cooperativo, que frecuentemente quedan postergadas o eliminadas por el habitual monopolio de los contenidos conceptuales y procedimentales en los demás espacios curriculares.

En cierto modo, esos nuevos espacios no disciplinados por las lógicas tradicionales de las especialidades docentes son, además, una oportunidad para la experimentación de nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje que los convierte, en cierto modo, en laboratorios para la innovación educativa. En este sentido, la analogía que sugiere la idea de espacios curriculares protegidos con los espacios correspondientes de la naturaleza puede seguirse aún más. En efecto, el valor de los parques naturales no es sólo la delimitación de ciertos entornos en los que se preservan determinadas condiciones ambientales que de otro modo no se conservarían. Su valor es, además, el de señalar, a veces por contraste, el deber ser de los espacios que no están tan protegidos. La conciencia ambiental generada en los espacios naturales protegidos tiene el valor de propiciar su transferencia a los demás espacios, con lo que la excepción se convierte en el referente ideal que orienta las acciones en lo que no es excepcional.

Algo similar podría (o debería) suceder en la relación entre los espacios curriculares protegidos que albergan materias como Ciencia, Tecnología y Sociedad, Ciencias para el Mundo Contemporáneo, Cultura Científica o cualesquiera otras de perfil similar, en relación con los espacios habituales de enseñanza de las ciencias. Los docentes que trabajan contenidos propios de estas nuevas materias y utilizan nuevos métodos coherentes con ellos tienen en estos espacios curriculares protegidos una oportunidad para repensar el valor relativo de los contenidos que enseñan en el resto de las materias, para experimentar nuevas formas de organizar el trabajo en el aula y

quizá para transferir algunas de esas innovaciones a otras asignaturas que parecen menos propicias para la innovación. Tales materias podrían ser, así, una suerte de viveros pedagógicos en los que cultivar y desarrollar nuevas propuestas didácticas que podrían ser luego injertadas en otras materias de ciencias.

Con cierto optimismo podría albergarse la deseable ilusión de que materias de este tipo podrían llegar a considerarse un día innecesarias, por redundantes, al haberse llegado en el resto de las materias al deseable equilibrio en los dilemas descritos en los apartados anteriores. Sería la resolución del dilema que da título a este apartado por haberse contagiado los espacios naturales de la enseñanza de las ciencias de los nuevos planteamientos desarrollados en los nuevos espacios curriculares protegidos.

Sin embargo, sin llegar al pesimismo, conviene advertir sobre el riesgo contrario: que estas nuevas materias se asimilen a las prácticas más habituales y sean para algunas especialidades docentes más horas en las que seguir haciendo lo mismo, aunque ahora con el pedigrí de lo políticamente correcto en relación con la difusión de la cultura científica. No se debe olvidar que la desproporción entre el tiempo escolar que se le dedica a unos espacios educativos y a otros es tan grande que puede resultar más probable la contaminación desde la tradición mayoritaria hacia la innovación minoritaria que el contagio en el sentido contrario. Por eso, no está de más recordar que es la acción continua de las fuerzas lo que hace que los sistemas dejen de estar en reposo o varíen sus trayectorias inerciales.

## 1.2 La ciencia en las aulas: percepciones de los alumnos

Que la educación muestra carencias significativas, que no son pocas en el ámbito de las ciencias, que las actitudes escolares de los jóvenes son manifiestamente mejorables y que muestran muy poco interés hacia las materias de ciencias son afirmaciones frecuentes. Los resultados en algunas evaluaciones internacionales son interpretados frecuentemente como confirmación genérica de esas intuiciones y como justificación de las reiteradas letanías sobre la decadencia de nuestros sistemas educativos y sobre las carencias, en aptitudes y actitudes, de la juventud actual.

Sin embargo, resulta conveniente comparar esta percepción (o prejuicio) de muchos adultos sobre la educación (no sólo) científica de los jóvenes, con la propia percepción que ellos tienen sobre la cultura científica y sobre la forma en que la misma se promueve en las aulas de ciencias. Por fortuna, para conocer las percepciones de los jóvenes sobre ese tema no es necesario partir de intuiciones, sino que se dispone de datos empíricos que, aunque limitados, aportan algunos resultados interesantes.

La percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica ha sido motivo de una investigación reciente mediante una encuesta en grandes ciudades de distintos países Iberoamericanos (Polino, 2011). En el caso madrileño, la encuesta incluyó dos preguntas relacionadas con las valoraciones que los alumnos hacen sobre algunas capacidades estrechamente relacionadas con la cultura científica (Martín Gordillo, 2011). De hecho, aunque en la encuesta se formulan de otro modo, esas capacidades por las que se pregunta se corresponden con las incluidas expresamente en los contenidos comunes del currículo prescrito para la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo del bachillerato español.

En el modo en que se formulan en la encuesta, tales capacidades son las siguientes:

1. Distinguir qué cosas puede resolver la ciencia y qué cosas no.
2. Seleccionar y comprender información científica.
3. Distinguir las opiniones de las afirmaciones que se basan en datos.
4. Analizar problemas de la ciencia y la tecnología que afectan a la sociedad.
5. Aplicar el conocimiento científico a resolver problemas concretos.
6. Tomar decisiones responsables.
7. No tener prejuicios y tener un espíritu crítico.
8. Reconocer las limitaciones y errores de la ciencia.
9. Conocer casos relevantes de la historia de la ciencia y la tecnología.

Aunque no se hubiera tratado, como es el caso, de capacidades establecidas normativamente para las enseñanzas obligatorias de bachillerato, parece difícil negar la relevancia de todas ellas y la conveniencia de que la educación científica de los ciudadanos las incluya. De hecho, tales capacidades están relacionadas especialmente con los aspectos menos tradicionales de los dilemas antes comentados, y apuntan directamente hacia una formación de la ciudadanía en la cultura científica que supere la función únicamente propedéutica y centra exclusivamente en los aspectos conceptuales en la enseñanza de las materias de ciencias en nuestro sistema educativo.

Pero, ¿en qué medida se promueven esas capacidades en las clases de ciencias?, ¿resulta redundante insistir en ellas a través de materias como Ciencias para el Mundo Contemporáneo?, ¿cómo perciben los jóvenes la importancia que se asigna a esas capacidades

en las clases de ciencias?, ¿qué relevancia les conceden ellos mismos?, ¿es mayor el aprecio que se les da desde las materias de ciencias que el que muestran los propios jóvenes hacia esas capacidades?

Para obtener información empírica sobre estas cuestiones, la encuesta incluyó dos preguntas sobre esas nueve capacidades:

- ▷ “Valora el grado de importancia que tienen a tu juicio las siguientes capacidades” (pregunta 26).
- ▷ “Valora el grado de importancia que se da en las clases de ciencias a las siguientes capacidades. Piensa en qué medida son consideradas en la evaluación de esas asignaturas” (pregunta 27).

En esas preguntas los alumnos deben señalar, para cada una de las nueve capacidades, una de las cinco opciones que se ofrecen: “ninguna”, “poca”, “ni poca ni mucha”, “bastante”, “mucha”, aunque también pueden evitar pronunciarse señalando “no sé”.

Las encuestas fueron respondidas durante el curso escolar 2009/2010 por 1.316 alumnos madrileños. Todos cursaban en ese momento el tercer o cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) o el primero o segundo curso del bachillerato. Tales niveles se corresponden, con carácter general, con edades entre los catorce y los dieciocho años.

Los resultados obtenidos en la pregunta 26 evidencian que los alumnos conceden mayoritariamente importancia a todas esas capacidades siendo claramente superiores los pronunciamientos positivos hacia ellas que los negativos (Tabla 1).

Por lo que supone, en relación con la estima en que los jóvenes tienen a la participación, es especialmente destacable el hecho de que dos de cada tres alumnos encuestados concedan bastante o mucha importancia a “tomar decisiones responsables”, la capacidad más apreciada por los alumnos encuestados entre las nueve valoradas.



Tabla 1. Valoración del grado de importancia de las capacidades (pregunta 26)

	Ninguna	Poca	Ni poca ni mucha	Bastante	Mucha	No sé
26.1. Distinguir qué cosas puede resolver la ciencia y qué cosas no.	3,6 %	10,6 %	32,9 %	24,0 %	23,2 %	5,8 %
26.2. Seleccionar y comprender información científica.	2,7 %	9,9 %	28,8 %	29,6 %	23,1 %	5,9 %
26.3. Distinguir las opiniones de las afirmaciones que se basan en datos.	3,2 %	9,3 %	31,4 %	27,1 %	20,1 %	8,9 %
26.4. Analizar problemas de la ciencia y la tecnología que afectan a la sociedad.	3,3 %	8,9 %	24,2 %	30,2 %	25,9 %	7,4 %
26.5. Aplicar el conocimiento científico a resolver problemas concretos.	2,7 %	7,0 %	21,8 %	32,2 %	29,1 %	7,1 %
26.6. Tomar decisiones responsables.	2,6 %	6,4 %	16,6 %	26,5 %	42,2 %	5,7 %
26.7. No tener prejuicios y tener un espíritu crítico.	5,3 %	10,0 %	21,9 %	25,0 %	28,9 %	9,0 %
26.8. Reconocer las limitaciones y errores de la ciencia.	2,8 %	7,5 %	16,7 %	28,7 %	37,2 %	7,1 %
26.9. Conocer casos relevantes de la historia de la ciencia y la tecnología.	4,5 %	10,7 %	27,3 %	26,9 %	22,3 %	8,4 %
<b>Total</b>	<b>3,4 %</b>	<b>8,9 %</b>	<b>24,6 %</b>	<b>27,8 %</b>	<b>28,0 %</b>	<b>7,2 %</b>

La pregunta 27 de la encuesta pide hacer valoraciones acerca de las mismas capacidades recogidas en la pregunta 26, pero en este caso valorando el grado de importancia que se considera que se les da en las clases de ciencias. En el enunciado de esa pregunta se sugiere, además, tener en cuenta en qué medida son consideradas tales capacidades en la evaluación de esas asignaturas.

Aunque de forma menos acusada, también en este caso predominan las valoraciones positivas (Tabla 2). Sin embargo, se constata un significativo aumento en el número de alumnos que no se pronuncian sobre la importancia de esas capacidades en las clases de ciencias respecto de quienes no lo hacen cuando se les pregunta por su importancia en términos generales.

Tabla 2. **Valoración del grado de importancia de las capacidades en las clases de ciencias (Pregunta 27)**

	Ninguna	Poca	Ni poca ni mucha	Bastante	Mucha	No sé
27.1 Distinguir qué cosas puede resolver la ciencia y qué cosas no.	9,3 %	16,0 %	32,2 %	15,6 %	11,2 %	15,7 %
27.2 Seleccionar y comprender información científica.	3,6 %	10,0 %	27,7 %	27,7 %	16,1 %	14,9 %
27.3 Distinguir las opiniones de las afirmaciones que se basan en datos.	4,9 %	13,0 %	30,0 %	23,8 %	12,0 %	16,3 %
27.4 Analizar problemas de ciencia y tecnología que afectan a la sociedad.	5,9 %	15,2 %	28,3 %	21,7 %	12,8 %	16,0 %
27.5 Aplicar el conocimiento científico a resolver problemas concretos.	3,9 %	10,0 %	22,5 %	27,8 %	20,2 %	15,6 %
27.6 Tomar decisiones responsables.	7,1 %	11,5 %	25,5 %	21,4 %	18,7 %	15,8 %
27.7 No tener prejuicios y tener un espíritu crítico.	8,9 %	14,9 %	27,7 %	19,9 %	10,9 %	17,7 %
27.8 Reconocer las limitaciones y errores de la ciencia.	7,1 %	13,2 %	27,3 %	21,4 %	14,7 %	16,4 %
27.9 Conocer casos relevantes de la historia de la ciencia y la tecnología.	6,7 %	12,5 %	25,5 %	23,0 %	16,2 %	16,2 %
<b>Total</b>	<b>6,4 %</b>	<b>12,9 %</b>	<b>27,4 %</b>	<b>22,5 %</b>	<b>14,8</b>	<b>16,1 %</b>

Las capacidades a las que, a juicio de los jóvenes encuestados, se da más importancia en las clases de ciencias son “aplicar el conocimiento científico a resolver problemas concretos” y “seleccionar y comprender información científica”.

Comparando los promedios ponderados de las valoraciones sobre esas capacidades en ambas preguntas (Tabla 3) se puede comprobar que, siendo positivas para todas las capacidades, son apreciables las diferencias entre las valoraciones generales (+0,734) y las que se hacen sobre su importancia en las clases de ciencias (+0,314).



Tabla 3. Índices de valoración de las capacidades

	Importancia general	Importancia en las clases de ciencias (p. 27)
1 Distinguir qué cosas puede resolver la ciencia y qué cosas no.	+0,556	+0,042
2 Seleccionar y comprender información científica.	+0,642	+0,502
3 Distinguir las opiniones de las afirmaciones que se basan en datos.	+0,566	+0,300
4 Analizar problemas de la ciencia y la tecnología que afectan a la sociedad.	+0,718	+0,243
5 Aplicar el conocimiento científico a resolver problemas concretos.	+0,840	+0,598
6 Tomar decisiones responsables.	+1,055	+0,393
7 No tener prejuicios y tener un espíritu crítico.	+0,683	+0,109
8 Reconocer las limitaciones y errores de la ciencia.	+0,967	+0,279
9 Conocer casos relevantes de la historia de la ciencia y la tecnología.	+0,565	+0,353
<b>Total</b>	<b>+0,734</b>	<b>+0,314</b>

Interpretación de los índices de valoración: Ninguna: -2 ; Poca: -1; Ni poca ni mucha: 0; Bastante: +1; Mucha: +2

Al analizar esos índices se advierten diferencias importantes entre ambas valoraciones para algunas capacidades. “Tomar decisiones responsables” es, como se ha dicho, la capacidad a la que se concede mayor importancia general (+1,055), pero desciende notablemente la valoración sobre su importancia percibida en las clases de ciencias (+0,393). La segunda capacidad más valorada en términos generales, “reconocer las limitaciones y errores de la ciencia” (+0,967), pasa a ser la sexta (+0,279) en las clases de ciencias.

No hay ninguna capacidad cuya importancia en las clases de ciencias sea valorada como superior a la que los jóvenes encuestados le asignan con carácter general. Asimismo, resulta destacable la diferente ordenación en las capacidades que se perciben como más importantes en las clases de ciencias y en general. Así, “aplicar el conocimiento científico a resolver problemas concretos” (+0,598) y “seleccionar y comprender información científica” (+0,502) son las capacidades que se consideran más importantes en las clases de

ciencias, pero ocupan, respectivamente, los lugares tercero (+0,840) y sexto (+0,642) de las más valoradas con carácter general.

Los alumnos perciben, por tanto, que la importancia que se da a esas capacidades en las clases de ciencias es inferior a la que ellos mismos le dan a cada una de ellas. Además, tampoco coinciden las capacidades a las que ellos dan mayor importancia con las que perciben que la tienen en las clases de ciencias.

Otras preguntas de esa encuesta también aportan resultados significativos en relación con esta percepción diferencial entre la importancia que los jóvenes conceden a determinados aspectos de la cultura científica estrechamente vinculados con el ejercicio de la ciudadanía democrática y la que ellos mismos perciben que se da a esos aspectos en la enseñanza de las ciencias. Así, la pregunta 24 de la

encuesta pide indicar si en las clases de física, química y biología se hacen actividades como “estudiar problemas científicos de actualidad e interés social” (apartado 12) o “estudiar el principio de precaución aplicado a los avances científicos y tecnológicos” (apartado 15). En la pregunta 25 se preguntacuestiona en qué medida se considera que es importante hacer tales actividades en esas materias.

El contraste en las respuestas a esos apartados de las dos preguntas resulta muy evidente (Tabla 4). Mientras que en las respuestas a la segunda predominan las valoraciones positivas sobre esas actividades, en las respuestas a la primera son más las valoraciones que señalan que se realizan con escasa frecuencia en el aula.

Tabla 4. Índices de valoración de las actividades

	Realización en las clases de ciencias (p 24)	Importancia de su realización en las clases de ciencias (p 25)
Estudiar problemas científicos de actualidad y de interés social.	-0,658	+ 0,459
Estudiar el principio de precaución aplicado a los avances científicos y tecnológicos.	-0,615	+ 0,368
<b>Total</b>	<b>-0,637</b>	<b>+ 0,414</b>

Interpretación de los índices de valoración: Ninguna: -2 ; Poca: -1; Ni poca ni mucha: 0; Bastante: +1; Mucha: +2

La relación entre estas dos actividades con capacidades como “analizar problemas de la ciencia y la tecnología que afectan a la sociedad”, o “tomar decisiones responsables”, es notable. Y la coherencia entre las valoraciones que hacen los alumnos también lo es. Por otra parte, sus valoraciones resultan inferiores cuando se pregunta por la realización efectiva en el aula de actividades que promuevan esas capacidades que cuando se les pregunta por la importancia que se da a esas capacidades.

Por tanto, los alumnos consideran muy importante “tomar decisiones responsables” (+1,055) y “analizar problemas de la ciencia y la tecnología que afectan a la sociedad” (+0,718), pero perciben que la importancia que se da a esas capacidades en las clases de ciencias es bastante menor (+0,393 y +0,243). También consideran que podría ser importante en esas clases “estudiar el principio de precaución aplicado a los avances científicos y tecnológicos” (+0,368) y “estudiar problemas científicos

## 1.2 La ciencia en las aulas: retos de los docentes

de actualidad y de interés social" (+0,459), pero observan que esas actividades son poco habituales (- 0,658 y -0,615).

Aunque es frecuente atribuir a los jóvenes actitudes de distanciamiento respecto de los valores y las capacidades a las que se da más importancia desde el punto de vista educativo y ciudadano, las respuestas que dan los alumnos en las preguntas comentadas de esta encuesta desmienten (al menos, en el caso madrileño) esa percepción. Incluso invierten sus términos.

El contraste entre los prejuicios y tópicos habituales hacia los valores e intereses de los jóvenes y la realidad que demuestran los resultados de esta encuesta debería llevar revisar algunos de esas intuiciones que no sólo parecen poco fundamentadas sino abiertamente erróneas.

En relación con la percepción de las capacidades propias de la cultura científica y de la oportunidad de la inclusión de materias sobre contenidos de Ciencia, Tecnología y Sociedad, parece claro que las valoraciones de los alumnos resultan nítidamente positivas. Esas intenciones educativas no sólo responderían a aspectos bien valorados por los alumnos sino que no serían redundantes en el sistema educativo (al menos, en el caso español) ya que los alumnos perciben que en las clases de ciencias se les asigna una importancia muy inferior a la que ellos mismos les dan.

Estos datos no sólo confirman la pertinencia de abordar los anteriores dilemas en el sentido que se ha venido defendiendo, sino que evidencian que son los propios alumnos, los ciudadanos del siglo XXI, quienes también lo demandan.

Imaginemos ahora que somos profesores de ciencias. Mejor aún, que somos jóvenes profesores de ciencias que nos enfrentamos a una profesión que tiene para nosotros mucho más futuro que pasado. Lógicamente, nos suponemos también personas con inquietudes profesionales, de esas que se hacen preguntas sobre el qué, el para qué y el cómo de su trabajo. Supongamos que alguien nos hace llegar un cuestionario con diez preguntas sobre diferentes aspectos de nuestra profesión. Un cuestionario como el siguiente:

1. ¿Es útil la educación científica?
2. ¿Es conveniente enseñar la ciencia en contexto social?
3. ¿Es conveniente mostrar los aspectos valorativos (éticos, económicos, políticos) al enseñar ciencias?
4. ¿Pueden resultar motivadores los contenidos científicos para su enseñanza?
5. ¿Qué debemos enseñar de la ciencia, los resultados o los procesos que los han hecho posibles?
6. ¿Debemos reducir la ciencia y su enseñanza a una serie de conceptos?
7. ¿Es posible enseñar ciencias planteando trabajos cooperativos en los que participan los alumnos?
8. ¿Es la forma en que aprendimos la ciencia el mejor modo de enseñarla?
9. ¿Son adecuados los programas y los libros escolares de las materias científicas?
10. ¿Podemos decidir muchas cosas cuando enseñamos ciencias?

Con las ganas propias de los jóvenes profesores intentaremos ir respondiendo a cada una de esas preguntas. A la primera respondemos, obviamente, que sí. La educación científica nos parece muy útil. De otro modo estaríamos diciendo que nos dedicamos a una

cosa inútil y eso nadie lo quiere. Pero, ¿por qué y para qué es útil la educación científica? Lo que nosotros enseñamos es útil porque está ahí, porque forma parte de la realidad en que vivimos y porque la alfabetización tecnocientífica es imprescindible para comprender y enfrentar adecuadamente los retos que esperan a los seres humanos del siglo XXI. La educación científica es útil, por tanto, para la formación general de los ciudadanos porque estos viven en un mundo en gran medida construido por la ciencia y la tecnología y, por tanto, han de participar en numerosas decisiones relacionadas con el manejo y el control de ese mundo, tanto en el papel de los expertos que lo desarrollan como en el de los profanos que lo disfrutan o sufren.

Por eso la respuesta a la segunda pregunta nos parece también evidente. Claro que sí, ciencia y sociedad no pueden permanecer como aspectos distanciados en la educación científica. La influencia de lo social en el propio desarrollo de la ciencia o los efectos sobre la sociedad y el medioambiente que comporta la actividad tecnocientífica son asuntos que no deben faltar en una adecuada enseñanza de las ciencias. Pero aquí empezamos a sentir que deseos y realidades quizá se distancien un poco. Porque no es lo mismo la teoría que la práctica real en la enseñanza de las ciencias. Está claro que siempre pretendemos ilustrar con referencias reales lo que enseñamos en nuestras disciplinas, pero al decir esto nos damos cuenta de que si aludimos a lo real como ilustración o aplicación de los contenidos que consideramos centrales estamos reconociendo que, por lo general, esos contenidos están distanciados de esa realidad social para la que hemos dicho que la ciencia es esencial. Parece que debemos justificar la relevancia social de las mitocondrias, de los iones o de la aceleración angular porque, de suyo, tales conceptos podrían enseñarse y aprenderse como completamente separados de sus posibles repercusiones para la vida diaria.

En la tercera cuestión nos vemos enfrentados de nuevo con lo políticamente correcto. Hoy en día muchos docentes de ciencias han oído hablar del enfoque CTS y es difícil negar la razón que este movimiento tiene al conceder gran importancia a los aspectos valorativos y controvertidos del propio desarrollo de la ciencia. Los dilemas éticos, los límites en la investigación o el compromiso social de la actividad científica son asuntos sobre los que no cabe negar su relevancia. Pero, ¿evaluamos estas cuestiones como parte de los aprendizajes científicos de nuestros alumnos? ¿Cuánto tiempo dedicamos en nuestras clases a los debates en torno a ellas? Vemos nuevamente que no siempre lo que hacemos cotidianamente concuerda con lo que decimos que es muy importante en la enseñanza de las ciencias.

Ante la cuarta cuestión nuestra respuesta es indudable: sí. Las ciencias tienen contenidos muy motivadores para su enseñanza. A qué niño no le ha fascinado la ciencia y la tecnología. Sea el traje de astronauta, sea la bota del naturalista, sea la bata del investigador, seguramente alguno de esos atuendos ha poblado nuestras propias fantasías infantiles y hasta es posible que haya sido el origen de la vocación de muchos hacia los estudios de ciencias. La ciencia es apasionante. De hecho la vida de los científicos suele ser la de unos seres apasionados por su trabajo. Descubrir cómo funciona la realidad es una empresa tan fascinante como explorar nuevos territorios. Sin embargo, aquí también nos asaltan las dudas. Si para unos el aprendizaje de la ciencia es un verdadero camino iniciático que les deparará una vida feliz, ¿por qué para otros resulta un tortuoso recorrido que sólo quieren abandonar cuanto antes?

¿Será la ciencia algo necesariamente minoritario? Repasando las respuestas que dimos a las preguntas anteriores deberíamos decir que no, que en la educación debe haber ciencia para todos. Pero viendo las caras de algunos alumnos ante la síntesis de proteínas, los polímeros o la energía cinética no está claro que podamos negarlo con rotundidad.

Con estas dudas afrontamos la quinta cuestión en la que tenemos claro lo que debemos decir: en la enseñanza de las ciencias lo que debe ser enseñado son más los procesos que los resultados. Nuestros alumnos deberían ser algo así como jóvenes investigadores inexpertos que van replicando en su proceso de aprendizaje el propio proceso de construcción, siempre provisional, en que consiste la elaboración de los conceptos y las teorías científicas. Bien es cierto que es más fácil afirmar estos principios que llevarlos a la práctica. La mecánica clásica no resulta muy intuitiva como proceso intelectual o empírico al alcance de un adolescente con el que pretendiéramos replicar su construcción histórica. De hecho, probablemente sería más fácil convencerle de la validez de los planteamientos aristotélicos que de los newtonianos. Y no digamos nada si de lo que se trata es de reconstruir los procesos de investigación que llevaron a la mecánica cuántica. Lo mismo cabría decir con otros ejemplos procedentes de la química, de la biología o de otras ciencias. Además, teniendo en cuenta que las teorías científicas una vez construidas pueden ser enseñadas como sistemas conceptuales bastante coherentes, es posible que nuestra decidida apuesta por enseñar a investigar en ciencia se quede sólo en un deseo pedagógico un tanto utópico.

Sobre la sexta cuestión parece evidente que la respuesta ha de ser negativa. Es difícil defender que lo que se debe enseñar es solo lo conceptual, lo que se puede saber. Lo que se puede saber hacer y lo que se puede valorar y desear son también contenidos que deben ser enseñados y aprendidos. Las actitudes y las destrezas no deberían ser postergadas por los conceptos. Antes de entrar en el aula o tras haber salido de ella es fácil defender esta idea, pero la verdad es que las pizarras, los cuadernos, los libros escolares, incluso muchas de las nuevas tecnologías educativas (por no hablar de los propios hábitos de docentes, discentes y familias) parecen estar hechos para transmitir contenidos conceptuales y no para desarrollar las capacidades relacionadas con el hacer y el valorar. Sigue creciendo la distancia entre los deseos y las realidades, entre lo que decimos y lo que hacemos conforme avanzamos en este cuestionario que casi nos obliga a responder cosas que sabemos que no siempre acaban de ser ciertas.

A la séptima cuestión casi estamos tentados por responder con otro interrogante: ¿será posible? Bueno, lo que sí parece cierto es que resultaría al menos deseable, con lo que nuevamente diremos lo que seguramente espera quien ha escrito esas preguntas. Claro que sí. La cooperación, el trabajo en equipo y la participación son las formas en que se desarrolla realmente la ciencia, así que no tiene mucho sentido que su enseñanza se separe de su propia naturaleza como práctica social. Los científicos trabajan en equipo en torno a proyectos de investigación, así que lo lógico sería que en el aula las cosas fueran parecidas. Los científicos cooperan (aunque a veces también compiten), por tanto, no parece que sea inoportuno propiciar en las aulas de ciencias actividades cooperativas (y hasta competitivas). Evidentemente, los científicos quieren participar y que todo el mundo conozca sus trabajos y aportaciones a través de publicaciones, congresos y diversas formas de difusión de la cultura científica, así que el aula

de ciencias también debería ser un lugar en el que la voz y las aportaciones de los alumnos no fueran menos frecuentes que las del profesor. Si la ciencia real ha de entrar en el aula (o el aula real quiere parecerse a la ciencia) parece necesario que los ambientes participativos y cooperativos sean habituales en ella. Pero ¿cómo es realmente la cotidianidad del aula? ¿los trabajos en equipo son la norma o la excepción en las clases de ciencias? ¿La participación en proyectos es frecuente o extraordinaria en ellas? ¿Incluyen normalmente nuestras calificaciones valoraciones sobre la participación y el trabajo en equipo? ¿Evaluamos conjuntamente por equipos el trabajo de nuestros alumnos como les sucede a los proyectos de los científicos reales? En fin, mucho acuerdo de principios, pero también muchas dudas en la práctica.

Menos mal. El rotundo no que podemos dar como respuesta a la octava cuestión empieza a disculparnos de ciertas sensaciones incómodas que probablemente venimos arrastrando en las respuestas anteriores. Seguramente consideramos que las ciencias se deben enseñar de un modo bien distinto a como nosotros mismos las aprendimos. Quizá la distancia que se atisbaba en las anteriores reflexiones entre lo que querríamos o deberíamos hacer y lo que realmente hacemos pueda explicarse de un modo que nosotros mismos quedemos más o menos justificados. No estamos locos, sabemos lo que queremos. Pero sería una locura intentar hacerlo de repente y sin red. Porque realmente nuestra red está tejida por los hábitos que hemos ido aprendiendo como los alumnos que también fuimos. Desde la escuela primaria hasta la universidad, seguramente

la realidad de nuestra formación científica ha estado bien distante de esos deseos que se formulaban en las respuestas a las anteriores preguntas. Muy probablemente se nos habrá enseñado una ciencia socialmente descontextualizada y exenta de valores. Mediante rutinas poco motivadoras seguramente hemos aprendido muchos conceptos y teorías ya terminados en cuya construcción no habremos participado activamente ni trabajado en equipos con los demás para buscar nuevas soluciones a cada problema. Sin duda, eso nos justifica, ya que probablemente no tendremos en nuestro pasado como alumnos muchos ejemplos de los que echar mano para saber hacer lo que nos gustaría como docentes. De todas formas, nuestra propia trayectoria escolar ya nos permite tener algunas certezas importantes: al menos sabemos lo que no deberíamos hacer.

Ya casi vamos concluyendo este catártico cuestionario, y en la novena cuestión encontramos otra buena justificación del divorcio entre teorías y prácticas que hemos constatado en muchas de las cuestiones anteriores. Evidentemente, muchos programas y libros de texto no nos ayudan a hacer mejores nuestras prácticas de enseñanza de las ciencias. Empezando por los últimos, es evidente que las innovaciones en ellos son muchas veces más aparentes que reales. Aunque sus ilustraciones han mejorado y están llenos de actividades, en el fondo los materiales escolares de hoy suelen contener lo mismo que los tradicionales. Mejor dicho, lo que contienen es más de lo mismo, ya que cada reforma curricular genera en los materiales educativos una sedimentación similar a la de las capas geológicas. Así, en esos materiales podemos advertir los diferentes estratos de las modas educativas de cada momento. Sin duda, habrá actividades de autoevaluación para que el alumno vaya construyendo su propio proceso de aprendizaje. Seguramente en el índice de cada unidad encontraremos referencia a los procedimientos y las actitudes que (también) se pretende



desarrollar con ella. Incluso, es posible que encontremos vistosas viñetas o apartados periféricos con anécdotas y curiosidades que relacionan los contenidos centrales del tema con aspectos de importancia social. Eso sí, en el centro de todo seguirán los conceptos. Muchos conceptos, porque la ciencia avanza una barbaridad, y en la comparación entre los libros de texto de ciencias de dos generaciones no sólo pueden advertirse diferentes estratos pedagógicos, sino también la acumulación de nuevos conocimientos científicos que no sustituyen a los viejos sino que se añaden a ellos. Pero si no queremos seguir el libro de texto y pretendemos enseñar de otro modo también nos encontramos con el programa, el currículo prescrito, ese lugar en el que otros han decidido lo que nuestros alumnos deben aprender y nosotros debemos enseñar. Quienes escriben esas prescripciones no suelen tener muchos problemas con el tiempo, así que, como el papel lo soporta todo, prescriben objetivos, contenidos y criterios de evaluación en abundancia, quizá siguiendo el lema: “prescribe, que algo queda”. Y ahí quedamos nosotros, atezados entre nuestros deseos y nuestras limitaciones, entre la conciencia de lo que deberíamos hacer y el deber de cumplir con lo que se nos pide. Sin duda hemos llegado a la mejor excusa para aceptar la imposibilidad de transitar del deber ser al ser: debemos cumplir el programa prescrito. Su enormidad, la falta

de tiempo para abordarlo, la poca flexibilidad con que fue pensado pueden ser nuestra tabla de salvación, eso a lo que nos aferramos para no pensar mucho en estas cosas y seguir a flote. Pero también las prescripciones de los programas son la coartada que nos permite no enfrentarnos al hecho de que nos mantenemos a flote entre los restos de un naufragio: el que tuvo lugar cuando renunciamos a lo que sentíamos que queríamos y debíamos hacer como profesores.

Tras esas nueve preguntas sólo nos queda responder a la décima, que es la más fácil y la más difícil a la vez. Para los naufragos de la anterior pregunta, la respuesta es clara: no hay nada que hacer, no tenemos nada que decidir salvo intentar seguir a flote cumpliendo el programa con la ayuda de los libros de texto. Muchos docentes están así, intentando mantenerse a flote contra viento y marea, frente a los distintos vientos reformistas que apenas les mueven de sus trayectorias y frente a las mareas de las distintas generaciones de alumnos que cada vez hacen más difícil eso de flotar en las instituciones escolares. Pero otro mundo es posible. Es posible intentar desasirse de la rutina de los libros escolares y de la literalidad de los programas oficiales. Y conviene hacerlo porque, lejos de mantenernos a flote, esas rutinas y esas literalidades nos lastran. En lugar de permitirnos navegar nos obligan a permanecer anclados a la tradición.

# 2 El enfoque CTS

## 2.1 CTS y educación

Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y la educación tienen espacios significativos de encuentro. CTS es un campo interdisciplinar en el que se plantea una consideración socialmente contextualizada de la actividad científica y tecnológica, y se promueve una mayor participación social en las decisiones que la orientan. Ambos propósitos tienen en el ámbito educativo un escenario especialmente propicio para su desarrollo.

Con la educación se pretende la integración de los individuos en su contexto social a través de la adquisición de los conocimientos, las destrezas y las actitudes necesarias para su participación activa en la vida social y el ejercicio de la ciudadanía en sociedades complejas y democráticas. Por tanto, en la interacción entre saberes y valores es donde la acción educativa y los estudios CTS tienen su principal espacio de confluencia. Desde CTS se reivindica un desarrollo tecnocientífico sensible a los compromisos sociales por razones similares a las que definen la educación de los individuos como algo más que la enseñanza de determinados saberes.

La historia del desarrollo tecnocientífico y la historia de la educación han tenido un momento clave en la aparición de las sociedades industriales. Los siglos XIX y XX estuvieron marcados por la alianza entre el desarrollo industrial y la innovación tecnocientífica. Uno de los resultados de esta alianza fue una inusitada aceleración del cambio social que, de ser un proceso suprageneracional en los siglos y milenios anteriores, pasó a tener una dimensión intergeneracional durante el siglo

XX y hasta intrageneracional al comenzar el siglo XXI.

La educación en las sociedades preindustriales no requerían instituciones específicas ni largos periodos de adiestramiento. Los saberes, las destrezas y las normas que el individuo debía interiorizar eran básicamente los mismos durante generaciones y para adquirirlos bastaba con el contacto directo con las labores y los hábitos del mundo adulto de unas comunidades que sufrían pocos cambios de una generación a otra. Sin embargo, con la revolución industrial se abre una época en los que los saberes, las habilidades y las costumbres de la tradición comunitaria no resultan adecuados para la inserción del individuo en un mundo que se transforma radicalmente de una generación a otra. La relación entre el aprendiz y el maestro se torna especializada y se aísla en contextos específicos durante un tiempo relativamente largo que incluye al menos la infancia y, a veces, la juventud. Así va ganando importancia social la institución escolar como lugar que alberga un creciente caudal de conocimientos y normas (lo que se conoce como currículo), de carácter muy específico (las disciplinas escolares) y cuya legitimación suele hallarse no sólo en la conservación del acervo común del pasado sino, principalmente, en la preparación y capacitación del individuo y las sociedades para los retos del futuro.

Las instituciones escolares tienen, por tanto, un papel especialmente relevante en el nuevo contexto de las sociedades industriales haciendo posible la preparación y adaptación de los individuos para ocupar su lugar en el



sistema productivo y propiciando el desarrollo y difusión de los saberes tecnocientíficos. La relación entre desarrollo industrial (que condiciona el nuevo marco social), desarrollo tecnocientífico (que se incorpora al currículo en la forma de disciplinas escolares) y escuela (el nuevo escenario de socialización y educación de la infancia) tiene, por tanto, una intensa trayectoria en los dos últimos siglos siendo difícil entender la historia de cada uno de ellos sin hacer referencia a los otros dos.

La Ilustración había defendido que, frente al oscurantismo anterior, la difusión de los nuevos saberes era la condición para hacer posible la construcción de la ciudadanía y el progreso social. Es este impulso el que, en el plano ideológico, justifica la necesidad de promover la extensión de la educación escolar. Desde el siglo XIX, las instituciones educativas van adquiriendo progresivamente un papel destacado, no solo en el desarrollo de la investigación científica en los niveles universitarios, sino también en la divulgación de sus resultados en los centros de enseñanza primaria y secundaria. Paralelamente, la industria es el escenario del desarrollo tecnológico mostrando la fuerza de la lógica positivista, según la cual más ciencia implica más tecnología, lo que a su vez implica mayor desarrollo económico del que se derivará mayor progreso social. La alianza entre tecnología e industria es saludada como expresión de los nuevos tiempos de manera análoga a como la entrada de las ciencias en las escuelas es considerada como un factor determinante para la superación de los prejuicios dogmáticos tradicionales.

La modernización y el progreso son, por tanto, las ideas que van asociadas con la introducción de la enseñanza de las ciencias en las escuelas y la innovación tecnológica en la industria. Modernizar la industria supone introducir tecnologías materiales en sus procesos productivos y organizar el trabajo con técnicas que no por ser menos visibles son menos eficaces. Por su parte, las reformas escolares son consideradas como modernizadoras en

un proceso que a lo largo del siglo XX ha ido sustituyendo las viejas disciplinas (en el doble sentido de los saberes tradicionales y de los métodos para su transmisión) por los nuevos saberes científicos. La ciencia entra en la escuela con la pretensión de renovar los contenidos de la enseñanza (las tradicionales asignaturas herederas de la tradición escolástica son sustituidas progresivamente por las nuevas ciencias experimentales), la percepción sobre el alumno y sobre su proceso de aprendizaje (la idea de un alumno pasivo que repite las lecciones de forma mecánica es desterrada por la psicología científica que analiza los procesos de aprendizaje), y hasta la propia idea de en qué consiste la actividad educativa (las teorías de la educación destieran el tosco principio tradicional de que “la letra con sangre entra”, sustituyéndolo por diagnósticos muy variados sobre la naturaleza de la educación y propuestas didácticas mucho más complejas y fundamentadas).

Por tanto, tanto la modernización educativa como la industrial se han asociado con la entrada en esos ámbitos de las ciencias (como materias escolares y como didácticas científicas) y las tecnologías (como artefactos para la producción y como sistemas organizacionales). Sin embargo, en las últimas décadas ha entrado en crisis la idea de que este tipo de modernización, heredero del positivismo, deba ser identificado necesariamente con el progreso. El desarrollo industrial y sus promesas de mejora social universal han sido cuestionados tras la Segunda Guerra Mundial discutiéndose la inocencia de los modelos lineales de desarrollo. En el último tercio del siglo XX, coincidiendo con el cuestionamiento de la concepción heredada de la ciencia, también entra en crisis ese modelo de modernización educativa en el que las reformas escolares se identifican con la incorporación de las novedades científicas en los currículos.

No es de extrañar, por tanto, que en las dos últimas décadas se hayan desarrollado intensamente los planteamientos CTS dentro y fuera del ámbito educativo.

## 2.2 Finalidades y métodos de la educación CTS

La modernización educativa se ha asociado con frecuencia con una mayor presencia de la ciencia (y, en menor medida, de la tecnología) en los currículos escolares. Incluso, cabría aventurar la idea de que las diferencias entre reformas y contrarreformas escolares podrían traducirse en la pugna por su presencia escolar entre las disciplinas científicas y tecnológicas (casi siempre consideradas como novedosas y abiertas al futuro) y las disciplinas humanísticas (habitualmente percibidas como más tradicionales y dirigidas a reivindicar el valor del conocimiento del pasado). Los escenarios escolares y sus procesos de cambio curricular no han sido ajenos a la disputa entre esas dos culturas.

Sin embargo es difícil asegurar que los saberes humanísticos que se enseñan en las instituciones escolares estén necesariamente alejados del progreso social y que los saberes tecnocientíficos sean siempre solidarios con él. Si el fin de la acción educativa es la formación de ciudadanos capaces de comprender el mundo en el que viven, de manejarse adecuadamente en él y de participar activamente en su mejora, no parece claro que la modernización escolar esté decididamente del lado de una de las dos culturas. Enseñar filosofía, literatura o historia, igual que enseñar física, química o biología, pueden servir adecuadamente a esas finalidades educativas o no tener relación alguna con ellas. La cuestión no es si deben enseñarse más ciencias o más humanidades, sino la orientación, la selección de los contenidos y los métodos que pueden facilitar que unas y otras enseñanzas lleguen a ser buenos medios para esas finalidades educativas más generales.

En este sentido, la educación CTS promueve precisamente un espacio de encuentro entre esas dos culturas habitualmente incomunicadas. Aportando una mirada socialmente contextualizada de la actividad científica y tecnológica, CTS incorpora la riqueza interpretativa de las disciplinas humanísticas y sociales para entender en qué consiste la actividad tecnocientífica y cómo se desarrolla. Mostrando la importancia social de la ciencia y la tecnología y la necesidad de participar en las decisiones relacionadas con su desarrollo CTS enfatiza la relevancia educativa de la enseñanza de las ciencias y las tecnologías para la propia sociedad. CTS en educación es, por tanto, un campo multidisciplinar e interdisciplinar con una explícita voluntad de superar las fronteras que frecuentemente cuartejan los currículos y favorecer las interacciones y colaboraciones entre los distintos campos.

Si hubiera que resumir brevemente los objetivos de la educación CTS, habría que resaltar principalmente dos:

- ▷ Mostrar que la ciencia y la tecnología son importantes y accesibles para los ciudadanos y, por tanto, hacer posible su alfabetización tecnocientífica.
- ▷ Propiciar el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones tecnocientíficas y, por tanto, favorecer una educación para la participación democrática también en ciencia y tecnología.

Hacer sensibles los ciudadanos a la cultura científica. Mostrarles que la ciencia y la tecnología son construcciones humanas y que, por tanto, también reflejan los deseos, los intereses y los valores de los humanos. Dotarlos de las herramientas conceptuales que les permitan comprender el mundo en el que viven y comprometerles con la idea de que las decisiones sobre el rumbo del conocimiento científico o la transformación tecnológica de la realidad no pueden delegarse en los expertos tecnocientíficos porque sus consecuencias afectan a todos. Estos serían algunos de los objetivos relacionados con la primera de las finalidades descritas.

Promover que los ciudadanos opinen, contrasten y juzguen las distintas alternativas existentes en relación con el desarrollo de las ciencias y las tecnologías. Habituarles a hallar las dimensiones éticas, políticas, estéticas, económicas y en general valorativas presentes en muchos de los problemas que se presentan como técnicos. Fomentar hábitos de discusión racional, de negociación y de toma de decisiones democráticas en relación con los problemas concretos en los que la ciencia y la tecnología tienen consecuencias sociales. Estos serían algunos de los objetivos en línea con la segunda de las finalidades de la educación CTS que se han enunciado.

De estas dos finalidades generales pueden derivarse algunas consecuencias prácticas sobre las características que deberían tener los diferentes elementos del currículo para promover una educación CTS. En la siguiente tabla se proponen algunas de ellas:

	<b>Comprender la ciencia y la tecnología en contexto social</b>	<b>Participar en decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico</b>
<b>CONTENIDOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación de los contenidos tecnocientíficos con referencias a los contextos históricos y sociales en los que aparecieron.</li> <li>- Análisis de los aspectos tecnológicos que están en la base de los conocimientos científicos y de los conocimientos científicos utilizados para el diseño de los artefactos tecnológicos.</li> <li>- Análisis de los aspectos valorativos presentes en el origen de las teorías científicas y los artefactos tecnológicos.</li> <li>- Interacción entre los saberes tecnocientíficos y humanísticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación de las implicaciones sociales de los desarrollos tecnocientíficos.</li> <li>- Análisis de los aspectos controvertidos sobre los valores inherentes a determinados conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos.</li> <li>- Identificación de los diferentes intereses y puntos de vista que pueden manifestarse ante determinadas decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico.</li> <li>- Ejemplificación de controversias sobre decisiones tecnocientíficas tanto en los niveles macro (política científica, proyectos internacionales, controversias globales...) como micro (consumo, proyectos locales, controversias próximas...).</li> </ul>
<b>METODOLOGÍAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudios de casos mediante proyectos de investigación individuales o en equipo.</li> <li>- Análisis de los perfiles biográficos de científicos o ingenieros.</li> <li>- Elaboración de relatos sobre los contextos históricos y sociales en los que se aparecieron determinados desarrollos tecnocientíficos.</li> <li>- Exposiciones públicas sobre los trabajos realizados.</li> <li>- Visitas a museos o centros de investigación y desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación en debates sobre controversias tecnocientíficas.</li> <li>- Reportajes sobre polémicas reales.</li> <li>- Encuestas sobre percepción pública de determinadas cuestiones polémicas relacionadas con la ciencia y la tecnología.</li> <li>- Análisis sobre las referencias en los medios de comunicación (prensa, televisión, Internet...) sobre determinadas controversias tecnocientíficas.</li> <li>- Elaboración y difusión pública de propuestas consensuadas de decisión sobre determinadas controversias tecnocientíficas.</li> </ul>
<b>EVALUACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre la originalidad y pertinencia de proyectos o informes realizados de forma individual o en equipo.</li> <li>- Sobre la calidad de las exposiciones públicas de los trabajos realizados.</li> <li>- Sobre la coherencia de proceso seguido y el interés de los productos logrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre la capacidad para el intercambio dialógico.</li> <li>- Sobre la disposición a la comprensión de las posturas ajenas y a la negociación y el consenso.</li> <li>- Sobre la viabilidad de los proyectos y decisiones que se proponen.</li> </ul>

Esas dos finalidades de la educación CTS suponen cambios importantes en los modos habituales de entender la acción educativa. Desarrollar en los alumnos las capacidades para comprender la ciencia y la tecnología en contexto social, y para aprender a participar en las decisiones relacionadas con ellas, son finalidades educativas que requieren importantes cambios en la selección de los materiales didácticos, en la organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje así como en la formación y en la profesionalidad docente. A continuación se formulan una serie de indicadores que podrían servir para evaluar la pertinencia de determinadas acciones educativas en relación esas finalidades.

- ▷ 1) Flexibilidad para su uso en aulas cooperativas y participativas.
- ▷ 2) Sistematismo educativo de las unidades de modo que las distintas tareas y actividades respondan a una organización lógica y finalista.
- ▷ 3) Carácter semiabierto de las tareas y actividades que facilite y apoye la construcción por los alumnos de sus procesos de aprendizaje.
- ▷ 4) Organización didáctica con relativa independencia de las tradiciones en las disciplinas evitando la mera traducción a niveles básicos de la articulación de los contenidos prevista para niveles superiores.
- ▷ 5) Relevancia social de los temas, contenidos e informaciones sobre las que se trabaja.
- ▷ 6) Verosimilitud de las informaciones que no impide el uso de informaciones ficticias para el desarrollo de simulaciones sobre procesos de negociación y participación relacionados con el desarrollo tecnocientífico.
- ▷ 7) Variedad temática y de formatos incluyendo el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación como un recurso básico y cotidiano para el aprendizaje.
- ▷ 8) Adecuación a los destinatarios en los niveles de dificultad, formas de expresión y elementos motivacionales.
- ▷ 9) Incorporación de controversias valorativas sobre la ciencia y la tecnología superando el tópico según el cual la actividad tecnocientífica es axiológicamente neutral.
- ▷ 10) Continuidad entre los referentes específicos del aula-ordinaria, el aula-laboratorio o el aula-taller y entre todos ellos y la realidad de la actividad tecnocientífica y sus efectos para la sociedad y el medio ambiente.
- ▷ 11) Incorporación de la dimensión lúdica y creativa en los materiales didácticos destinados a la educación tecnocientífica.

**PROFESIONALIDAD  
DOCENTE**

1. Autonomía en el diseño de las actividades de enseñanza.
2. Disposición y hábitos para el trabajo en equipo con otros docentes.
3. Disposición a evaluar y revisar las prácticas de enseñanza.
4. Actitud crítica en la interpretación del currículo.
5. Flexibilidad en el desarrollo curricular.
6. Capacidad para crear de climas de aula proclives a la comunicación y la participación.
7. Recelo ante las rutinas e interés por la innovación y las actividades motivadoras.
8. Interés y capacidad de relacionar los conocimientos teóricos con los contextos cotidianos.
9. Apertura a la interacción entre el aula y el entorno.
10. Consideración de la formación como un requerimiento de la profesionalidad docente sin entender esta como cristalizada tras la formación inicial.

**ACTIVIDADES  
Y RELACIONES  
EN EL AULA**

1. Configuración del aula como un espacio de comunicación e intercambio multidireccional.
2. Configuración de redes cooperativas de aprendizaje en el aula.
3. Acompañamiento del profesor como organizador, orientador y asesor en las diversas actividades, superando el tradicional rol vertical de transmisor de toda la información.
4. Corresponsabilidad de los alumnos en el establecimiento, coordinación y control de la agenda de actividades.
5. Consideración del aula como un espacio democrático de participación afín y preparatorio para la participación democrática de la ciudadanía en el gobierno y control de la actividad tecnocientífica.
6. Diseño de actividades orientadas a un trabajo tenaz de búsqueda y construcción de conocimientos, destrezas y hábitos participativos frente a la mera asimilación y reproducción de informaciones determinadas.
7. Continuidad e interacción entre las tareas de carácter conceptual y práctico superando la secuencia teoría-práctica (demostración-ilustración) como dos fases sucesivas y jerarquizadas.
8. Potenciación de la actitud crítica y las habilidades para la evaluación de los dilemas valorativos que se plantean en el desarrollo tecnocientífico.
9. Promoción de las vocaciones y el interés por la actividad tecnocientífica a través de la vivencia de la satisfacción cotidiana que comporta conocer, manejar y participar en los temas relacionados con ella.
10. Participación de los alumnos en los procesos de evaluación.

## 2.3 Enfoques de la educación CTS

La apertura a la interdisciplinariedad que caracteriza a los enfoques CTS hace difícil delimitar de forma precisa su campo de estudio. En los últimos años, la difusión del acrónimo en el ámbito educativo ha hecho que iniciativas con planteamientos muy distintos y hasta distantes en sus propósitos se adscriban a dicho enfoque por el valor añadido que comporta en la innovación educativa. La polisemia del enfoque y la ausencia de criterios de demarcación precisos sobre sus implicaciones educativas son elementos positivos que favorecen la apertura a iniciativas diversas. En todo caso, conviene señalar algunos límites sobre lo que no debería ser considerado con propiedad como proyectos o propuestas de educación CTS.

**CTS no debe ser (solamente) un curso de filosofía o de historia de la ciencia y la tecnología:** La filosofía de la ciencia y la tecnología, especialmente en las aportaciones postkuhnicas, es una de las fuentes epistemológicas que han hecho aportaciones significativas al campo de los estudios CTS. Sin embargo, el potencial educativo de este enfoque quedaría muy mermado si su implantación educativa se redujera a la incorporación en los currículos de contenidos procedentes de la más reciente filosofía de la ciencia y de la tecnología (o de la sociología, la ética...). El reduccionismo temático que ello implicaría significaría, además, su apropiación por parte de un gremio (el de los profesores de filosofía) y finalmente la ubicación de sus contenidos en el espacio específico de tal disciplina. Por otra parte, también se podría considerar que CTS en educación podría aportar una mirada histórica sobre las ciencias y las tecnologías. Es cierto que la contextualización social del

conocimiento científico y de los desarrollos tecnológicos que este enfoque plantea es solidaria con una enseñanza de la ciencia y la tecnología que no oculte la evolución de los marcos históricos en los que se han desarrollado las diversas disciplinas. Además, la enseñanza de las ciencias y las tecnologías suele considerar que la falta de tiempo (escolar) impide tratar adecuadamente la forma en que los descubrimientos científicos y los diseños tecnológicos se fueron sucediendo a lo largo de la historia. Por tanto, la tentación de un reduccionismo historicista de los enfoques CTS también existe a la hora de plantear en su implantación educativa. Sin embargo, con ser importante, la historia no es la principal aportación que puede suponer CTS en la educación. Para la formación de la ciudadanía del presente ante los retos tecnocientíficos que le esperan en el futuro no es la única (ni la mejor) estrategia la revisión de lo que ha sido el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el pasado.



**CTS no debe ser (solamente) una dimensión puntual en la enseñanza de las ciencias y la tecnologías:**

La diferencia entre los términos “dimensión” y “enfoque” aplicada a la educación CTS resulta más significativa de lo que puede parecer a primera vista en el contexto de la enseñanza de las ciencias y las tecnologías. La educación CTS en la enseñanza de las ciencias y las tecnologías puede interpretarse como una yuxtaposición puntual entre los contenidos propios de esas didácticas (lo mayoritario y central) y las aportaciones procedentes del campo CTS (lo minoritario y marginal). En este sentido CTS puede ser considerado como una oportunidad para incorporar (si hay tiempo) alguna unidad temática puntual sobre esos temas o algún apartado al final de cada unidad. Esos complementos CTS a la enseñanza usual de los contenidos científicos y tecnológicos se propondría a modo de ilustración o como elemento motivador en relación con el resto de los contenidos. “Ciencia y Sociedad” o “Tecnología y Sociedad” son algunos de los títulos que aparecen a veces en lugares marginales de los libros de texto con ese propósito. Sin embargo, ese uso yuxtapuesto de los componentes CTS como ilustración o como aplicaciones externas a la actividad tecnocientífica supone una consideración anecdótica y marginal de esos aspectos en relación con los demás contenidos que se enseñan. La dimensión CTS no debería simplemente yuxtaponerse a la enseñanza usual de las ciencias y las tecnologías ya que suponer que lo social y lo valorativo son aspectos externos a la actividad tecnocientífica y que pueden ser analizados como una mera dimensión complementaria implica mantener, en cierto modo, una visión positivista sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología y sobre su enseñanza. La alternativa más adecuada sería, seguramente, intentar promover una enseñanza de las ciencias y las tecnologías (incluso también de otros ámbitos disciplinares, como las humanidades) reorientada en clave CTS. El alcance de esa reorientación dependerá de las

posibilidades de cambio y reconstrucción que sea factible en cada contexto educativo. Quizá no siempre sea posible reorganizar el conjunto de los contenidos que se enseñan haciendo explícitas cotidianamente las referencias CTS, pero no se debería perder de vista que ese podría ser el horizonte más deseable. En la práctica puede resultar inevitable restringir el peso curricular que el enfoque CTS puede tener en la organización de las enseñanzas a determinados ámbitos específicos (como temas o como materias especiales), pero ello no implica que ese deba ser su lugar más apropiado. Por ello parece oportuno seguir hablando de “enfoque” CTS (más que “dimensión”) en la enseñanza de las ciencias y las tecnologías.



**CTS no debe ser (en ningún caso) un espacio para la propaganda tecnófila o tecnófoba:**

Una última tentación es la de considerar CTS como un espacio educativo propicio para el activismo radical. Quienes consideran que todos los resultados de la ciencia y la tecnología son socialmente benéficos aunque sus conocimientos y procesos resulten difíciles para los ciudadanos, pueden ver en CTS una oportunidad para hacer propaganda tecnófila en el ámbito educativo mostrando una imagen siempre benéfica de la actividad tecnocientífica. En el polo opuesto, quienes acusan al desarrollo tecnocientífico de ser la causa de los principales males que afectan a la humanidad y al medioambiente pueden ver en CTS la oportunidad para llevar al ámbito educativo su denuncia tecnófoba, mostrando solo aquellas consecuencias de la actividad tecnocientífica que son más negativas. En la medida en que la ciencia y la tecnología no son ni divinas ni diabólicas, la educación CTS deberá huir de esas posturas maniqueas. En este sentido una educación laica en relación con estas actitudes radicalizadas deberá presentar a la ciencia y la tecnología como actividades enmarcadas en, y con consecuencias sobre, la sociedad y el medioambiente. CTS en educación deberá mostrar la ambivalencia propia de la actividad tecnocientífica que, como cualesquiera otras actividades humanas, es susceptible de un juicio crítico en el que se evidenciarán sus luces y sus sombras, las grandes ventajas que para la vida humana ha supuesto y supone el desarrollo tecnocientífico y los indudables riesgos que también comporta si no se evalúan y controlan democráticamente las decisiones sobre su desarrollo.

En cierto modo, en la antítesis de estas últimas presentaciones demagógicas (a favor o en contra) de la actividad tecnocientífica es el lugar donde se sitúan los perfiles genuinos de la educación CTS. Distanciándose de esos maniqueísmos simplistas y superando los anteriores reduccionismos es como CTS puede contribuir a desarrollar los principales fines educativos relacionados con el ejercicio de la ciudadanía en sociedades democráticas y complejas. La ciencia y la tecnología son constitutivas de la realidad del presente y lo serán mucho más en el future; por ello, la educación de los ciudadanos debe facilitarles un contacto con ellas y hacer que esto supere los temores infundados y las confianzas ciegas en lo que de ellas cabe esperar.

Poniendo de manifiesto, por un lado, que la actividad tecnocientífica es una actividad humana y, por tanto, incorpora los intereses y los valores propios de los humanos que la desarrollan en cada contexto histórico y social es como CTS puede aportar una comprensión más ajustada sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología. Propiciando, por otro lado, los hábitos de evaluación, participación y negociación en la toma de decisiones sobre las controversias y asuntos relacionados con el desarrollo tecnocientífico, es como CTS puede contribuir a la formación de una ciudadanía responsable, comprometida y capaz de dirigirlo y de controlarlo democráticamente. Ambas finalidades son lo suficientemente relevantes como para hacer evidente la importancia y centralidad que CTS debe tener en educación.

## 2.4 Experiencias y modos de implantación de CTS en la enseñanza

Aunque CTS en educación es, sin duda, una propuesta de futuro que aún resulta novedosa y que, por tanto, sigue alejada de las inquietudes y actitudes de muchos docentes, son numerosas las experiencias que han dado contenido a este enfoque educativo en diferentes países. Tales experiencias pueden ser clasificados de diferentes formas. Una de ellas es la que adopta como criterio el modo de implantación de las mismas en el currículo y el grado de transformación que implican en las enseñanzas de ciencias y tecnologías. En este sentido, se podrían agrupar las experiencias internacionales sobre educación CTS en tres grandes categorías:

- a) injertos de contenidos CTS en materias científicas y tecnológicas,
- b) replanteamiento de los contenidos de algunas materias en clave CTS, y
- c) inclusión en el currículo de materias o contenidos de CTS pura con ese u otro nombre.

A continuación se describe el alcance y las implicaciones de cada uno de esos tres modos de implantación y se comentan brevemente algunas de las experiencias internacionales más clásicas en cada una de ellas, incluyendo también algunas que se han diseñado o adaptado para su uso en el contexto iberoamericano:

**a. Injertos de contenidos CTS en materias científicas y tecnológicas.** Se trata del modo más asequible de implantación de los contenidos CTS en la enseñanza. En estas experiencias se mantiene la estructura general de los currículos y la mayor parte de los contenidos habituales de ciencias y tecnologías incorporándose algunos temas o unidades cortas CTS para ser abordadas como apartados que complementan, con una perspectiva social, el resto de los contenidos tecnocientíficos de una determinada disciplina. Una de las propuestas más clásicas en este formato es el proyecto SATIS<sup>1</sup> que tuvo cierta continuación en los proyectos SAE y SAW<sup>2</sup>. Aunque no nacieron con una vocación explícitamente CTS sino, más bien, para la difusión en el ámbito europeo de los temas relacionados con las biotecnologías, también algunas de las unidades desarrolladas por el proyecto EIBE<sup>3</sup> pueden ser consideradas como propuestas CTS dirigidas a ser utilizadas como alternativa o complemento para algunos temas de biología.

- 1 El proyecto SATIS (Science and Technology in Society) patrocinado por la ASE (Association for Science Education) fue el resultado de reunir las mejores unidades cortas CTS desarrolladas espontáneamente por docentes británicos. Desde 1984 hasta 1991, SATIS había publicado más de cien de esas unidades cuya principal utilidad es la de servir de complemento en los cursos de ciencias.
- 2 El proyecto SAE (Science across Europe) fue patrocinado por la ASE (Association for Science Education) en colaboración con la BP (British Petroleum). SAE es una sección integrada en el proyecto SAW (Science Across World). Los objetivos de estos proyectos son hacer posible un mayor conocimiento de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, permitir a los alumnos conocer opiniones y formas de vida de compañeros de otros países transfiriendo conocimiento desde lo local a lo global, desarrollar habilidades de comunicación incluyendo otros idiomas y facilitar las relaciones entre escuelas.
- 3 El proyecto EIBE (European Initiative for Biotechnology Education) ha sido desarrollado como una iniciativa para promover la comprensión y el debate público sobre las biotecnologías. Desde 1991 se han desarrollado diecinueve unidades didácticas dirigidas a estudiantes de entre 16 y 19 años que tratan diversos aspectos relacionados con la educación en biotecnología.

## **b. Replanteamiento de los contenidos de algunas materias en clave CTS.**

Una segunda modalidad de implantación de los contenidos CTS más ambiciosa es la reestructuración de los contenidos de las disciplinas tecnocientíficas haciendo que el centro de gravedad de las mismas y los hilos conductores en su organización didáctica dejen de ser los contenidos conceptuales clásicos en ellas. En estas propuestas se enseñan todos los contenidos a través de ciertos temas, casos o problemas de clara relevancia social o ambiental. Aunque se trata de una propuesta mucho más ambiciosa y, por tanto, de desarrollo más complejo, son varios los proyectos que se han experimentado siguiendo este planteamiento. Cabe destacar el proyecto PLON<sup>4</sup>, centrado en la enseñanza de la Física, o los proyectos SALTERS<sup>5</sup> y APQUA<sup>6</sup>, orientados a la enseñanza de la Química.

## **c. Inclusión en el currículo de propuestas puras de CTS.**

Se trata de experiencias que rompen con la dependencia de un ámbito disciplinar determinado y tienen una vocación explícitamente centrada en las cuestiones CTS. En ocasiones se desarrollan materiales didácticos independientes y versátiles que pueden ser utilizados en contextos curriculares diversos como el proyecto SISCON<sup>7</sup>. Otras veces la iniciativa parte del propio marco normativo incluyéndose materias puras de Ciencia, Tecnología y Sociedad. También existen proyectos sistemáticos para desarrollar currículos CTS puros, pero que incorporan también unidades que podrían ser utilizadas como injertos en otras disciplinas. Un ejemplo de este último tipo es el Proyecto ARGO<sup>8</sup>.

4 El proyecto PLON (Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde, en inglés: Physics Curriculum Development Project) desarrolló, entre los años setenta y ochenta, un grupo de unidades didácticas elaboradas en Holanda destinadas para su uso en las clases de Física, tratando diversos temas en contexto social. Dichas unidades pretendían mostrar la utilidad de la Física para el estudiante no como futuro físico, sino como futuro ciudadano. En ellas se parte de un problema social y en función del mismo se desarrollan los contenidos propiamente disciplinares.

5 El proyecto SALTERS es un proyecto británico para la enseñanza de la química desarrollado por el Science Educational Group de la Universidad de York. Se trata de un proyecto dirigido a alumnos de 17-18 años. Se ha desarrollado una versión española de este proyecto que consta de ocho unidades didácticas, la realización de una investigación individual y la visita a diferentes industrias. Cada unidad tiene tres secciones: Química y Sociedad, Conceptos Químicos y Actividades.

6 El proyecto APQUA (Aprendizaje de los Productos Químicos, sus Usos y Aplicaciones) está dirigido a la enseñanza de la química para alumnos de entre 11 y 16 años. Es el resultado de la colaboración entre la Universidad Rovira y Virgili de Tarragona (España) y el programa CEPUP (Chemical Education for Public Understanding Program) de la Universidad de California en Berkeley (EEUU). Los contenidos de este programa se centran en los productos y procesos químicos, así como en el riesgo que su uso puede representar para las personas y el medioambiente.

7 El proyecto SISCON (Science in a Social Context) es un programa clásico como experiencia de CTS pura. Se trata de una adaptación para la educación secundaria del programa originalmente creado en Gran Bretaña para la formación universitaria. Este proyecto está compuesto por una serie de unidades didácticas independientes que tratan temas sobre el desarrollo tecnocientífico, que tienen una clara relevancia social utilizando la historia y la sociología de la ciencia para mostrar cómo se han abordado en el pasado las cuestiones sociales vinculadas a la ciencia y la tecnología, o cómo se ha llegado a cierta situación problemática en el presente.

8 El proyecto ARGO ha sido desarrollado por un grupo de profesores españoles que desde los años noventa vienen trabajando en el diseño de materiales didácticos para la educación en valores y la educación para la participación en ciencia y tecnología. Dichos materiales fueron desarrollados inicialmente para su utilización en la materia de Ciencia, Tecnología y Sociedad del Bachillerato español, conjugando el tratamiento de temas generales sobre la contextualización social de la ciencia y la tecnología con numerosos casos CTS centrados en controversias simuladas.

## 2.5 Los casos CTS como alternativa didáctica

El formato más adecuado para la implantación educativa del enfoque CTS en cada contexto dependerá de las condiciones y posibilidades propias de cada sistema educativo. En todo caso, sea cual sea el contexto de desarrollo curricular (apartado CTS en una materia de ciencias o tecnología, materia reestructurada en clave CTS o materia de CTS pura) conviene que las propuestas didácticas que se desarrollen estén orientadas por finalidades explícitamente CTS. Más arriba se han descrito las dos finalidades básicas de la educación CTS: acercar y hacer accesibles la ciencia y la tecnología a los ciudadanos y propiciar hábitos para la participación pública en su gobierno y control. Para ambas, pero especialmente para la segunda, es especialmente adecuado el trabajo con casos CTS. En ellos se planteen situaciones polémicas en las que se ponen de manifiesto las complejas interacciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad a propósito de determinado asunto controvertido.

Los casos CTS educativamente relevantes han de tener la suficiente apertura y flexibilidad como para propiciar el análisis de distintas alternativas posibles y hacer necesaria la participación de los ciudadanos en los procesos de decisión sobre ellas. Estos casos se plantean, por tanto, como bastante más que meras muestras de que determinados avances tecnocientíficos han tenido o tienen implicaciones sociales o de que lo social ha estado presente en la configuración de los desarrollos tecnocientíficos. Con ser importantes, estos planteamientos no desbordarían el plano de la dilucidación analítica sobre situaciones que aparecen como cristalizadas e inmodificables.

El estudio de casos CTS, entendido como el tratamiento de controversias en torno a decisiones en las que la ciencia, la tecnología y la sociedad están estrechamente involucradas, permite ir más allá de los análisis conceptuales y promover en las aulas verdaderas experiencias de aprendizaje de los procesos de participación pública que se realizan (o deberían realizarse) en relación con esas decisiones. El estudio de casos tiene, no obstante, varias posibilidades de desarrollo práctico en las aulas: desde la recreación de casos históricos hasta la simulación de controversias CTS, pasando por el trabajo con casos de controversias CTS que se desarrollan en tiempo real.

**a) Casos CTS históricos:** Se trata de controversias sobre temas CTS que se dieron en algún momento del pasado. Los casos que pueden ser llevados a las aulas no han de ser necesariamente los correspondientes a las disciplinas científicas con más tradición histórica (la revolución científica de la física y la astronomía parece el ejemplo más obvio), sino que también se podrían buscar ejemplos de la medicina, de la psiquiatría o incluso en el urbanismo. En la historia de estas disciplinas el papel de lo tecnológico y su relación con la sociedad puede hacerse aún más visible que en otros ejemplos clásicos. Es indudable que este tipo de casos tienen la ventaja didáctica de abordar controversias clausuradas por la historia y, por tanto, bien definidas. Dependiendo del contexto elegido pueden tener cierta relevancia educativa y, precisamente por ser casos ya cerrados sobre los que habrá habido estudios previos, resultarán de fácil manejo didáctico en el aula, siendo bastante accesible la información para su desarrollo. Entre los inconvenientes de los casos históricos destacaría el hecho de tratarse de asuntos menos motivadores para los alumnos ya que aborda-

rían polémicas no otro tiempo. Por otra parte, no resulta fácil desarrollar procesos efectivamente participativos en el aula con este tipo de casos al ser conocidos de antemano los resultados de las controversias que se han desarrollado en la historia.

**b) Casos CTS en tiempo real:** Los medios de comunicación ofrecen cada día ejemplos de posibles temas CTS de alto interés educativo. A las portadas de los periódicos y los informativos televisivos llegan polémicas relacionadas con la interacción entre el desarrollo industrial y el medioambiente (frecuentemente cuando se producen desastres), las implicaciones económicas y éticas de la investigación en biotecnologías (por ejemplo, sobre asuntos llamativos como la clonación) o intensas controversias sobre riesgos para la salud de determinados agentes producidos artificialmente (alimentos, sustancias químicas, campos electromagnéticos...). Se trataría, por tanto, de controversias de plena actualidad y del máximo interés educativo. Sin embargo, al ser abiertas y estar en constante redefinición su manejo en el aula resulta más difícil. Y no por escasez de información, sino, más bien, por la sobreabundancia. Por otra parte, la intensidad de este tipo de debates hace que, igual que sucede en los propios medios de comunicación, el tema no se cierre con una resolución clara, sino que el tema acaba agotando y cansando al público (sea el de los medios o el del aula) y su cierre coincide con la aparición de una nueva controversia que suscita un nuevo interés. No obstante, este tipo de casos, frente a los históricos, resultan más motivadores para los alumnos al llevar el aula asuntos que también preocupan fuera de ella. En el apartado quinto de este módulo se presentarán materiales didácticos que parten de documentos periodísticos que podrían ser incluidos en esta categoría.

**c) Casos CTS simulados:** Se trata de casos que intentan combinar las ventajas de los dos anteriores evitando sus inconvenientes. Serían controversias ficticias que se presentarían sobre decisiones tecnocientíficas perfectamente verosímiles, aunque no reales. En ellos, las polémicas se plantean como abiertas (como en los casos en tiempo real), pero a la vez bien definidas (como en los históricos) ya que la realidad no inunda la situación sino que esta se presenta de forma controlada. Los casos simulados no pierden nada de la relevancia propia de los casos en tiempo real ya que, aunque en ellos la controversia concreta es ficticia, tanto el tema como la información que puede desarrollarlos son reales. Se trata, por tanto, de casos muy apropiados para su manejo en el aula y altamente motivadores ya que, incluso, permiten un cierto juego creativo al relacionar lúdicamente los planos de la realidad y la ficción. Por otra parte, resultan especialmente adecuados para el aprendizaje de las capacidades necesarias para participar discrepando, negociando y consensuando las soluciones a los problemas que plantea a la sociedad el desarrollo tecnocientífico. Sobre este tipo de propuestas se aportará más información en el cuarto apartado de este módulo.



# 3

## Dos paradigmas educativos

### 3.1. Tomar partido, tomar parte, formar parte

La participación de los ciudadanos en la vida democrática es un requerimiento ético y político que tiene nuevos desafíos y nuevas oportunidades en el desarrollo tecnocientífico del presente. De hecho, los marcos tradicionales de interacción social están siendo superados por nuevas lógicas mucho más flexibles que las propias de la modernidad. Es un nuevo desafío que puede ser aprovechado como ventaja si se pone al servicio de una idea más amplia y compleja de la participación social. Un desafío que compromete singularmente a las instituciones educativas, en las que aprender a valorar y a participar se convierten así en fines de la mayor relevancia.

Que la participación social es la base de la construcción y del ejercicio de los derechos democráticos parece poco discutible. De hecho, la clave de la democracia, desde los griegos, estaba en la idea de la participación social. La historia de la democracia ha sido, en buena medida, la historia de la ampliación de los sujetos que participan en ella, tanto por la extensión del reconocimiento de las personas con derecho a hacerlo (las mujeres, los jóvenes, los extranjeros...) como por el aumento del número de participantes (desde las pequeñas polis hasta los modernos Estados nacionales o las comunidades supranacionales). Y es precisamente esta extensión de la democracia la que comporta los mayores retos y dificultades para hacer efectiva la participación de los ciudadanos. De hecho, muchas veces ha servido

de excusa para reducir la idea de participación sólo a uno de sus posibles sentidos.

Ese primer sentido de la idea de participación es el que la identifica con tomar partido. Es, seguramente, el sentido más habitual de ese concepto: la participación como elección, como votación donde se eligen representantes o se decide entre alternativas. Se trata de una de las dimensiones más clásicas de la participación democrática. Sin embargo, siendo necesaria, resulta limitada por reducirse a los momentos episódicos en los que, de modo regulado, se toma partido entre varias alternativas. Más allá de esa toma de partido normalizada existen también momentos en los que esta primera acepción de la participación se plantea de un modo más traumático e imprevisto: son las tomas de partido que los ciudadanos hacen cuando promueven o reclaman cambios mediante protestas y medidas de presión. También esas tomas de partido forman parte de la historia de las democracias. Tomar partido es, por tanto, una de las posibles formas de participación. Seguramente la que requiere un desarrollo menor de las capacidades cívicas y, por tanto, la que compromete menos la labor educativa.

Más relevante para la educación es un segundo sentido, más profundo, de la idea de participación que no se restringe a momentos puntuales, sino que se plantea como algo continuo y sostenido. Sería la idea de participación que hace posible tomar parte, de forma

no episódica sino cotidiana, en las decisiones relacionadas con la vida ciudadana. Se trata de una participación política, pero también cívica y comunitaria con muchas más posibilidades y marcos de acción que los previstos en las votaciones de los distintos órganos representativos. Ampliando la primera idea de participación, en la que la toma de partido va asociada con la delegación en otros de determinadas decisiones que se les encomiendan casi como especialistas políticos, tomar parte supone el compromiso cotidiano con lo social que los ciudadanos pueden adquirir como consumidores responsables, como profesionales honestos, como miembros solidarios de diversas instancias de convivencia social. Un compromiso que va mucho más allá del ejercicio de los derechos a elegir y ser elegido, que se extiende a todos los tiempos y espacios de interacción social.

Tomar parte supone participar más en gerundio que en participio. Se trata de una acción continua, compatible con los momentos discretos de elección en las democracias representativas, pero orientada por un compromiso democrático básico que va más allá de esos momentos, que busca tejer una trama democrática continua en todas las situaciones de convivencia cívica.

Ampliar la primera idea de participación a este segundo sentido que enfatiza la importancia de tomar parte en la vida social, puede tener como consecuencia la generación de una

tercera acepción de la participación democrática que apunta hacia nuevas formas de integración social. Tomar parte en los procesos de la vida cívica propicia el desarrollo de una nueva idea de pertenencia de los ciudadanos en la sociedad. Así, participar acaba significando también formar parte de una identidad que no se deriva sólo de las raíces históricas y de las herencias del pasado, sino que se orienta principalmente hacia los proyectos del futuro.

El desarrollo de una idea de la ciudadanía democrática relacionada con el compromiso con los proyectos compartidos en los que los ciudadanos toman parte es, seguramente, uno de los retos más ambiciosos, pero también más interesantes para nuestros sistemas educativos.

Para aprender a tomar partido quizá sea suficiente con una formación que vaya poco más allá de la mera información, pero para aprender a tomar parte, y a formar parte, es necesario desarrollar otras capacidades diferentes de las competencias conceptuales. Se trata de aprender a convivir, a compartir, a cooperar, a disentir, a discrepar, a discutir, a confrontar, a negociar, a consensuar y también a decidir. Aprendizajes todos ellos que no son posibles sin desbordar los paradigmas educativos tradicionales basados en lo conceptual. Pero también aprendizajes irrenunciables en una formación ciudadana que responda a los requerimientos de las sociedades democráticas del presente y del futuro.

## 3.2 ¿Aulas 1.0 para sociedades 2.0?

Una educación que permita el desarrollo de nuevas capacidades dialógicas como las requeridas para tomar parte en la vida democrática no es sólo un reto derivado de intenciones éticas, es también la necesaria respuesta para hacer que las instituciones escolares nacidas en la modernidad puedan seguir siendo relevantes en un contexto social tan distinto al que les dio origen. Utilizando una metáfora ya clásica, cabe preguntarse si son viables las viejas aulas 1.0 en sociedades que ya son 2.0.

Esa distinción numérica parece remitir a la cultura digital. En efecto, es en la descripción de la evolución de las tecnologías de la información y la comunicación donde ha resultado tan significativa esa distinción de entornos de interacción virtual. La web 1.0 fue la de los primeros años de Internet. Las empresas, las instituciones, las organizaciones ciudadanas, e incluso muchos individuos, entendieron muy pronto que les convenía estar presentes en ese espacio virtual que acababa de nacer. Era el tiempo en el que se multiplicaron las páginas web corporativas generando un nuevo espacio social virtual. Navegar por Internet era entonces visitar páginas web que, más o menos atractivas, más o menos interesantes, exponían contenidos diversos a los visitantes que, en ese primer momento, adoptaban el papel de espectadores móviles.

Muy pronto se hizo evidente que Internet no iba a ser sólo la multitud de escaparates virtuales que caracterizaba a la web 1.0. El navegante virtual dejó de ser un sujeto meramente contemplativo para convertirse en participante activo en la continua construcción y reconstrucción de ese nuevo mundo virtual en red que, por serlo, no tenía que respetar las lógicas verticales que, en los entornos tradicionales, presiden la interacción social. Foros,

chats, wikis, blogs, redes sociales y otros muchos escenarios para la interacción virtual fueron sucediéndose hasta configurar las nuevas formas de relación social que se denominó web 2.0 y que hoy simplemente caracteriza a la sociedad digital.

No deja de resultar sorprendente que todo este proceso que supone una verdadera revolución histórica en las maneras de construir y acceder a la información se haya producido en tan poco tiempo. Las instituciones escolares, con sus dos siglos de existencia como espacios con pretensiones de universalizar la educación de niños y jóvenes, apenas han conseguido desbordar la lógica 1.0 que ha venido presidiendo la comunicación en las aulas. La verticalidad en la relación entre el docente y los alumnos, el papel de los libros de texto, los significados y los modos de la evaluación y tantos otros elementos de la vida escolar están dispuestos del modo unidireccional que caracterizaba a las formas de interacción social de la modernidad.

Esas aulas 1.0 han sido funcionales para la socialización y educación de los individuos porque las sociedades también estaban organizadas por formas de relación 1.0. Sin embargo, hoy los niños que aún se educan en aulas 1.0 ya se relacionan, sin que nadie deba enseñarles a hacerlo, en los espacios virtuales 2.0. Hoy, como en ningún otro tiempo, se puede poner en cuestión la relevancia y funcionalidad de lo que les puede aportar la institución escolar si no se revisan en profundidad sus formas organizativas y el sentido de sus actividades. El reto de educar para la ciudadanía democrática supone tener que preparar a los niños y jóvenes para sociedades que empiezan a ser 2.0 desde aulas que no han dejado todavía de ser 1.0.



### 3.3 Paradigma narrativo-contemplativo vs. dialógico-participativo

La evolución reciente de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación nos ha ofrecido una distinción muy fértil para comprender algunos de los desafíos que las sociedades del siglo XXI plantean a unas instituciones educativas que se resisten a abandonar del todo las herencias de su creación en el siglo XIX. Será ahora la evolución clásica de la ciencia la fuente de otro concepto que puede ayudarnos a entender los cambios que afectan hoy a la educación: se trata del concepto de paradigma que Kuhn acuñó para analizar a las revoluciones científicas.

Ya ha pasado más de medio siglo desde la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, la famosa obra con la que Kuhn (1962) cambió la idea de la evolución de la ciencia cuestionando los mitos del progreso acumulativo y de la ausencia de factores no epistémicos en la explicación de su desarrollo. Especialmente fértil para ello resultó la introducción del concepto de paradigma, una nueva y afortunada noción de alcance mucho más amplio que el de la teoría. Un paradigma es el conjunto de hechos, interpretaciones, pero también cosmovisiones que comparte una comunidad científica sobre su actividad en un momento histórico dado. Cuando ese paradigma es lo suficientemente comprensivo, y no se ve afectado por demasiadas anomalías, aglutina el trabajo de esa comunidad en lo que Kuhn llamaba "ciencia normal". Sin embargo, cuando las anomalías aumentan pueden aparecer en la comunidad científica disensiones entre los partidarios del viejo paradigma y quienes defienden otro alternativo. Son los momentos de revolución científica, que Kuhn analizaba con cierto detalle en su obra.

En escritos posteriores Kuhn señaló que la idea de paradigma guardaba cierta relación con las ideas de la percepción de la Gestalt, en

la medida en que un paradigma es también una forma de percibir y entender una realidad a partir de los elementos de los que se dispone.

Partiendo de esa noción kuhniana podemos plantear que también en el ámbito educativo asistimos a un tiempo de crisis en el que el viejo paradigma, aún dominante, presenta excesivas anomalías y disfunciones que son comprendidas y desbordadas por un nuevo paradigma emergente que intenta transformar nuestras ideas y nuestras prácticas sobre la educación. La idea de la inconmensurabilidad de los paradigmas que Kuhn señaló es también aplicable al caso educativo ya que, desde el viejo paradigma, el nuevo se hace inaceptable e incomprensible, al responder a una forma distinta de percibir la realidad. La resistencia al cambio es, así, la tendencia a conservar el único mundo que se conoce. Desde el nuevo paradigma, por el contrario, las limitaciones del anterior son manifiestas y se perciben con claridad las ventajas de la nueva alternativa, por eso genera tanto desasosiego entre los renovadores la lentitud con que sus nuevas ideas van encontrando acomodo.

Llevando al debate educativo esta noción kuhniana podríamos señalar que la historia de la educación escolar ha estado dominada por un paradigma narrativo-contemplativo en el que, hasta ahora, había estado claro qué debía esperar de la escuela y qué debía hacer en ella. Básicamente los alumnos y los profesores se encontrarían en espacios funcionalmente bien definidos: los alumnos van a aprender lo que los profesores les van a enseñar. Este paradigma está tan naturalizado que en el imaginario colectivo y en la propia disposición física de la mayoría de las aulas se evidencia esta lógica narrativa (del profesor que, desde la frontalidad propia de la antigua tarima, desarrolla un temario habitualmente recogido secuen-

cialmente en las prescripciones normativas y en los libros de texto) y contemplativa (del alumno que, sentado en filas como espectador poco participante, escucha, comprende, estudia y aprende contenidos predominantemente conceptuales de los que, posteriormente, será examinado). En nuestra memoria la escuela ha sido eso y, para muchos, la escuela no puede ser más que eso, el lugar donde se enseñan y aprenden cosas que merece la pena que sean enseñadas y aprendidas.

Sin embargo, hoy, en las sociedades 2.0 ya no es tan coherente esta imagen lineal y unidireccional de la enseñanza y el aprendizaje. Y sabemos que las instituciones escolares no son lugares naturales o ideales al modo platónico, sino que son, más bien, artefactos institucionales que han sido históricamente dispuestos de un modo, pero que bien podrían tener otra configuración. Es en el contexto de una nueva percepción de los problemas educativos y de los retos a los que se enfrenta la escuela cuando surge un paradigma dialógico-participativo como alternativa al paradigma dominante anterior. Desde este nuevo paradigma los papeles, las funciones y los contenidos escolares son percibidos de una nueva manera, advirtiéndose que las propias formas de relación en el aula y las culturas institucionales tradicionales resultan inadecuadas para una educación que quiera responder a los retos del presente.

En el paradigma narrativo-contemplativo, el alumno era un mero receptor pasivo de información ya organizada. En el paradigma dialógico-participativo, su papel se concibe como netamente activo. Por su parte, el docente era concebido como el transmisor de unos contenidos en cuya elaboración no había participado (serían los expertos los encargados de diseñarlos) y como el responsable de evaluar los aprendizajes logrados por los alumnos. En el nuevo paradigma su papel es más complejo ya que no se limita al del actor que representa un guión y constata que el público lo ha asimilado, sino que es más bien el del director de escena

de una obra abierta en la que el guión ha de ser reconstruido en cada función y en la que se ha de contar con la participación del público.

El currículo escolar estaba tan cristalizado en el paradigma anterior que era encuadrable en libros de texto y publicable en boletines oficiales. Las fronteras entre las disciplinas escolares resultaban casi infranqueables, y la saturación de lo conceptual en ellas era tan intensa que casi sólo admitía como forma de evaluación el examen, cuyo interés principal estaba en la acreditación obtenida, es decir, en su valor de cambio. El nuevo paradigma entiende que, lejos de hallarse cristalizado, el currículo tiene la flexibilidad propia de los campos del saber, el hacer y el valorar del mundo exterior a la escuela, integrando lo axiológico junto con lo epistémico, y teniendo como justificación principal no el valor de cambio de la acreditación, sino el valor de uso de una formación efectivamente funcional.

El marco relacional en el paradigma anterior era coherente con los roles y los contenidos descritos, por eso dominaba en él una lógica vertical y unidireccional que presidía una rígida organización institucional, centrada más en la enseñanza que en el aprendizaje. Por el contrario, en el paradigma dialógico-participativo, las interacciones son mucho más complejas, con trabajos cooperativos y relaciones multidireccionales, lo que define unas instituciones mucho más contextualizadas y permeables a las realidades de su entorno. Su finalidad no es sólo la enseñanza y la acreditación de algunos sino, principalmente, la educación integral de todos.

	Paradigma narrativo-contemplativo	Paradigma dialógico-participativo
<b>Alumno</b>	Receptor de información.	Participante en procesos abiertos.
<b>Profesor</b>	(Re) transmisor de información y evaluador de aprendizajes.	Dinamizador de procesos de interacción educativa.
<b>Currículo</b>	Cristalizado disciplinarmente. Predomina lo epistémico. Con valor de cambio.	Flexible y en continuareconstrucción. Integra lo epistémico y lo axiológico. Con valor de uso.
<b>Relación educativa</b>	Lineal y unidireccional. Institucional. Orientada a la enseñanza.	Reticular y multidireccional. Contextualizada. Orientada a la educación.

El aprendizaje de la participación plantea nuevos retos educativos que son inabordables desde ese paradigma narrativo-contemplativo que ha sido predominante en las aulas hasta ahora. Frente a él se trata de propiciar una nueva articulación de los contenidos, de los procedimientos de trabajo y de las relaciones en el aula que cabría definir en el marco de un nuevo paradigma que resulta inconmensurable con el anterior. Un paradigma dialógico-participativo en el que la lógica vertical, unidireccional, secuencial y conceptual clásica se vea superada por una lógica reticular en la que sean habituales en el aula los trabajos cooperativos y las relaciones multidireccionales que desborden la clásica presentación seriada de los contenidos conceptuales. Se trata de superar el secular predominio de las aulas 1.0 (herederas de los escenarios de tarrina y pizarra) para propiciar nuevos escena-

rios educativos en clave 2.0. Sin embargo, la idea de unas aulas reales con relaciones 2.0 en las instituciones escolares parece aún utópica y revolucionaria. Cambios que toman sólo unos años en las relaciones sociales generadas por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación parecen necesitar décadas en los espacios de las viejas tecnologías de la educación presencial. La superación del paradigma narrativo-contemplativo es, seguramente, uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la educación hoy. Además, es la condición para poder hacer efectiva esa educación para la participación democrática requerida por los dilemas del presente.

Es, seguramente, la idea de participación y su aprendizaje social la que puede resultar más oportuna para presidir de una forma educativamente relevante los nuevos espacios para la formación ciudadana. El aprendizaje de la participación supone, por tanto, un compromiso crítico con la superación de las inercias propias de los modos de enseñanza tradicionales. Y no sólo en los contenidos propuestos sino, muy especialmente, en los modos de abordarlos. En educación es especialmente cierto que, muchas veces, el medio es el mensaje.

# 4 Simulaciones CTS: aprendiendo a participar en controversias tecnocientíficas

La ciencia y la tecnología están con nosotros y son, en cierto modo, parte de nosotros. Como se ha dicho, la escisión radical entre la cultura humanística y la cultura científica como compartimentos estancos es artificial e inconveniente. Frente a esa consideración enfrentada entre lo humanístico y lo tecnocientífico parece más sensato promover una visión más ajustada de las relaciones entre el desarrollo tecnocientífico y la sociedad, mostrando la presencia de aspectos valorativos en la propia gestación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico. Como formas culturales que son, la ciencia y la tecnología incorporan los valores y las prioridades de las sociedades en las que se han desarrollado.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología no sólo interesa a quienes van a contribuir profesionalmente a él, sino que afecta a todos los ciudadanos y todos han de aprender a participar (como usuarios, como consumidores, como beneficiados o perjudicados por sus consecuencias concretas) en las decisiones sobre la evaluación y el control social de la ciencia y la tecnología.

Por tanto, participar en el desarrollo de la ciencia y la tecnología no es únicamente intervenir en los procesos epistémicos que las hacen posibles. No son, y no deben ser, las epistémicas las únicas decisiones que condicionan el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Para señalar las prioridades de la investigación, para limitar los aspectos que deben ser investigados, para decidir en cada contexto si es aceptable la puesta en marcha de un determinado sistema tecnológico (desde una central

nuclear hasta una antena de telefonía móvil, desde un fármaco dopante hasta un respirador artificial, desde una red inalámbrica hasta la instalación de un ordenador en cada pupitre escolar...), para todas esas decisiones no son sólo los aspectos epistémicos los que han de ser tenidos en cuenta. Todas ellas entrañan dilemas valorativos en los que es posible y necesaria la participación de los ciudadanos (de los usuarios, de los consumidores, de los afectados, de los responsables de cada uno de esos productos tecnocientíficos).

Por eso, la alfabetización tecnocientífica implica el desarrollo de competencias para la participación de todos los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico. No todos los ciudadanos participarán directamente en los procesos que permiten el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero la reivindicación de una verdadera cultura científica para la ciudadanía no puede limitarse a conseguir que los ciudadanos sean sólo buenos espectadores o buenos usuarios de los conocimientos, y productos de la ciencia y la tecnología. Su participación activa es necesaria también en las decisiones sobre lo que se espera, se desea y se necesita de la ciencia y la tecnología. Al menos lo es en la medida en que se entienda que la ciencia y la tecnología no deben ser ajenas al compromiso democrático y a la responsabilidad social, es decir, a hacer posible el ejercicio de una ciudadanía plena en las sociedades democráticas.

Como se ha señalado en el segundo apartado de este módulo, la segunda finalidad primordial de una educación para el desarro-

llo de una cultura científica en clave CTS es la de propiciar el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones tecnocientíficas y, por tanto, favorecer una educación para la participación democrática también en ciencia y tecnología. Promover que los ciudadanos opinen, contrasten, y juzguen las distintas alternativas existentes en relación con el desarrollo de las ciencias y las tecnologías. Habituarles a hallar las dimensiones éticas, políticas, estéticas, económicas y en general valorativas presentes en muchos de los problemas que se presentan como técnicos. Fomentar hábitos de discusión racional, de negociación y de toma de decisiones democrática en relación con los problemas concretos en los que la ciencia y la tecnología tienen consecuencias sociales. Estos serían algunos de los objetivos que sintonizan con esa segunda de las finalidades propuestas.

Como se ha señalado en el apartado anterior, parece importante enfatizar la importancia de que lo dialógico, el trabajo cooperativo, la elaboración de proyectos, así como su exposición, defensa y confrontación pública, sean lo habitual en las metodologías propias de la educación para el desarrollo de la cultura científica y la ciudadanía democrática.

En este sentido, las propuestas de educación CTS centradas en el trabajo con casos simulados son una estrategia muy adecuada para la enseñanza y el aprendizaje de la participación ciudadana en ciencia y tecnología. Los casos simulados CTS han sido diseñados por los miembros del grupo Argo y experimentados desde hace años en aulas españolas y

latinoamericanas con el apoyo de la OEI. En ellos se plantean controversias sobre problemas reales de interacción entre Ciencia, Tecnología y Sociedad en ámbitos como la salud, el medioambiente, el urbanismo, etc. Dichas controversias se diseñan partiendo de un problema relacionado con el desarrollo tecnocientífico sobre el que se ha de tomar una decisión. Los diversos puntos de vista, intereses y valores presentes en el problema son encarnados por distintos grupos que configuran una red de actores sociales con planteamientos diferenciados sobre el modo en que se debería resolver la cuestión. En esa red existe siempre un grupo que tiene el papel de mediador, garantizando la apertura y pluralidad del debate y haciendo posible que la decisión que finalmente se adopte sea fruto de la negociación y el consenso logrado a la vista de los argumentos presentados y de los intereses de la mayoría.

Cada controversia parte de una noticia que podría haber aparecido en un medio de comunicación y en la que lo ficticio del problema se reduce a la situación en que se enmarca y la definición de los actores que participan en la controversia. Los casos simulados tratan, por tanto, los problemas reales del desarrollo tecnocientífico en diversos ámbitos. Sin embargo, para su uso en el aula, igual que en las aulas-laboratorio de ciencias se simulan las condiciones que hacen más fácil mostrar los procedimientos de la investigación científica, los casos simulados presentan situaciones equilibradas y abiertas en las que se propicia el aprendizaje social de la participación públi-

ca en las decisiones sobre el desarrollo tecnológico.

Una vez presentado el problema, los alumnos se ponen por equipos en el papel de cada uno de los actores de la controversia y buscan informaciones y argumentos que pueden resultar útiles para defender sus puntos de vista en el debate que tiene lugar posteriormente en el aula. Para ello cuentan con diversos documentos, unos ficticios y otros reales, que facilitan su trabajo.

Durante el año 2003 se desarrolló un proyecto financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) en el que participaron más de 800 alumnos españoles de educación secundaria que desarrollaron en sus aulas varios casos simulados CTS (Martín Gordillo y Osorio, 2003). Entre los instrumentos de evaluación utilizados en ese proyecto había una encuesta que de forma anónima respondieron todos los alumnos, va-

lorando diferentes aspectos relacionados con esta propuesta educativa. No es baladí que (en sintonía con los resultados expuestos en el primer apartado de este módulo, sobre la percepción de los alumnos sobre su educación científica) dos de los aspectos que recibieron una valoración más positiva por los alumnos fueran la oportunidad de participar y cooperar en actividades en equipo y el nuevo papel desempeñado por el docente en este tipo de actividades. En tiempos de tantas incertidumbres sobre la innovación educativa y la profesionalidad docente, los alumnos que participaron en el proyecto también tomaron parte con esas valoraciones en la definición de los rumbos que, quizá, deberían seguir ambas.

A continuación se resumen brevemente los problemas en torno a los cuales se articulan los diez casos simulados CTS que han sido diseñados por los miembros del grupo Argo (Martín Gordillo, 2006a).

### **La vacuna del SIDA. Un caso CTS sobre salud, investigación y derechos sociales**

*(Martín Gordillo, 2005a)*

Tras el éxito en los ensayos en fase I y II, una multinacional farmacéutica pretende experimentar en fase III una vacuna contra el SIDA. Las dudas sobre los riesgos de estos ensayos y la vulnerabilidad de los participantes ha desatado un intenso debate sobre si deben autorizarse o no este tipo de ensayos en países africanos. La urgencia de contar con una vacuna inclina a algunos gobiernos africanos a pedir que se inicie cuanto antes el experimento, pero las incertidumbres científicas y los problemas éticos que entrañan estos ensayos han llevado a varios colectivos a pronunciarse contra su autorización. En este debate se dan cita los problemas éticos y políticos que plantean los experimentos sobre vacunas y, singularmente, los experimentos de vacunas contra el SIDA. Las prioridades de las empresas que realizan las investigaciones, los derechos de los sujetos que participan en los experimentos o los niveles de riesgo aceptables son algunos de los aspectos que se discuten en esta controversia.



## **El contrato del dopaje. Un caso sobre deporte, farmacología y valoración pública**

*(Camacho Álvarez, 2005)*

Un equipo ciclista recibe una oferta para ser patrocinado por una empresa que produce fármacos que pueden ser utilizados como sustancias dopantes. La empresa, está interesada en asociar su imagen a los valores de lo saludable propios del deporte. Pero el equipo ciclista se debate entre el interés de los corredores que quieren obtener la máxima retribución por su dura actividad y otras consideraciones como las del prestigio del equipo y el país si se acepta el mecenazgo de una empresa que produce sustancias prohibidas para los deportistas. Los usos socialmente aceptados y prohibidos de los fármacos, la posibilidad de encontrar soluciones químicas para el desenmascaramiento del fraude por dopaje en la competición deportiva, el uso que la sociedad hace del deporte como instancia refrendadora o sancionadora de ciertos valores sociales o la responsabilidad de los anunciantes respecto de aquello que apoyan, son algunos de los aspectos que se plantean en una decisión tan compleja como aceptar o no este contrato de patrocinio.

## **Las antenas de telefonía. Un caso CTS sobre radiaciones, riesgos biológicos y vida cotidiana**

*(Grupo Argo, 2005)*

Un instituto de enseñanza secundaria ha recibido una interesante oferta económica por permitir el uso del tejado del edificio para la instalación de una antena de telefonía móvil. El Consejo Escolar del centro deberá debatir y decidir sobre la propuesta. Para ello, además de los informes que ha recibido de la empresa de telefonía, tendrá en cuenta los argumentos de los grupos que ya se han manifestado a favor y en contra de la instalación de este tipo de antenas. Las infraestructuras necesarias para el funcionamiento de los teléfonos móviles, los mecanismos por los que transmite la señal, las posibles implicaciones para la salud, las variaciones en la forma de entender la comunicación y el papel que esta ha jugado y juega en nuestras formas de vida, son cuestiones que sustentan esta polémica sobre si se debe autorizar la instalación de la antena en un centro educativo.



## **Las plataformas petrolíferas. Un caso CTS sobre energía, combustibles fósiles y sostenibilidad**

*(Grupo Argo, 2005)*

El resultado positivo de las prospecciones realizadas llevan a una multinacional a proponer la instalación de una serie de plataformas petrolíferas muy cerca de la costa cantábrica. La propuesta ha creado un intenso debate entre los sectores económicos que apoyan el proyecto y los grupos que se oponen al mismo: principalmente pescadores, ecologistas y empresarios del sector turístico. Las ventajas energéticas e industriales de los hidrocarburos, los peligros medioambientales de su extracción y transporte, las repercusiones para la fauna marina, las alternativas energéticas y las implicaciones sociopolíticas en el entorno inmediato y en la geopolítica mundial, son algunas de las cuestiones que están en el trasfondo de una controversia como la que se plantea con la propuesta de instalar estas plataformas petrolíferas.

## **El proyecto para el Amazonas. Un caso sobre agua, industrialización y ecología**

*(Lejarza Portilla y Rodríguez Marcos, 2005)*

En una zona virgen del Amazonas se proyecta construir un gran complejo industrial que supondrá un gran desarrollo económico para el lugar y atraerá trabajadores de todo Brasil. Los sindicatos son muy favorables a esta iniciativa. La envergadura del proyecto ha suscitado, sin embargo, algunas dudas sobre sus posibles efectos contaminantes en las aguas del río y sobre las eventuales consecuencias para las poblaciones ribereñas del Amazonas. Colectivos ecologistas y otros grupos ven peligrar con este proyecto la calidad ambiental de un entorno en el que hasta ahora se han desarrollado actividades sostenibles. La gestión de los recursos hídricos, los impactos de la actividad industrial sobre el medioambiente, los conflictos entre el desarrollo económico y la sostenibilidad o el respeto a los derechos de las poblaciones indígenas son algunos de los asuntos que se dirimen en este debate en que una comisión de senadores habrá de jugar un papel de mediador y evaluar la conveniencia o no de desarrollar el proyecto.

## **La basura de la ciudad. Un caso sobre consumo, gestión de residuos y medio ambiente**

*(Arribas Ramírez y Fernández García, 2005)*

Una ciudad latinoamericana se plantea cómo resolver su grave problema con la gestión de las basuras. Son varias las alternativas que se barajan. Entre ellas la de una empresa extranjera que propone instalar una planta incineradora. Sin embargo, los riesgos para el medioambiente y el debate sobre las dioxinas que suelen acompañar a las propuestas de instalación de las incineradoras han movido a otros grupos a buscar alternativas basadas en un consumo más responsable que genere menos basura y facilite, mediante su separación doméstica, los procesos de reciclado de los distintos tipos de residuos. Sin embargo, quienes ahora viven de la basura en los vertederos consideran que estas propuestas, válidas para los países europeos, son inadecuadas en contextos menos desarrollados. Según ellos, su actual papel en el manejo y separación en los vertederos de los distintos tipos de basura es la mejor solución para la gestión de los residuos en esa ciudad. El Municipio ha convocado una reunión para debatir todas las alternativas antes de tomar la decisión.

## **La ciudad de Ahormada. Un caso sobre urbanismo, planificación y participación comunitaria**

*(González Galbarte, 2005)*

Ahormada es una ciudad latinoamericana en la que se discuten varios proyectos para la regeneración urbanística de una zona altamente degradada pero con valor histórico. Cerro Chiquito es el nombre de esa zona marginal que hoy está en el centro de la polémica por los diferentes proyectos urbanísticos que se han propuesto para su regeneración e integración en la trama urbana de la ciudad. Parques tecnológicos, usos residenciales, zonas de ocio o recuperación de los restos históricos son algunos de los proyectos que se debaten para ese lugar. Como en otras controversias urbanísticas, en el caso de Ahormada se enfrentan varias propuestas apadrinadas por actores diferentes interesados, según los casos, en la recuperación del pasado histórico, la creación de equipamientos y viviendas atractivas para la clase media, el desarrollo de un sector productivo con empresas viables para las condiciones del lugar o la mejora de las instalaciones sin modificar el tejido social que se ha ido decantando en la zona.

## **Las redes del tráfico. Un caso sobre movilidad, gestión del transporte y organización del territorio**

*(Camacho Álvarez y González Galbarte, 2005)*

La autopista que une tres ciudades ha llegado prácticamente al colapso circulatorio. Varios centros comerciales se han instalado en su entorno atraídos precisamente por la posibilidad de ubicarse fuera de la ciudad, pero a pocos minutos de ella. El consiguiente aumento del tráfico no puede ser absorbido ya por la autopista. Urge una solución. Hay quienes sostienen que el problema se resuelve añadiendo más carriles a la autopista y mejores sistemas tecnológicos para la regulación del tráfico. Para otros, la apuesta por los servicios públicos del transporte y, en particular, por potenciar y optimizar la red del ferrocarril sería la mejor solución. El Ministerio convocará un encuentro para analizar las ventajas e inconvenientes de cada propuesta y finalmente adoptará una decisión. Los impactos sobre el territorio de las redes de transporte, los nuevos hábitos de vida y consumo derivados de la extensión de las tecnologías automovilísticas o el enfrentamiento entre la lógica de lo público y lo privado son algunos de los aspectos que se dan cita en este debate.

## **La cocina de Teresa. Un caso sobre la alimentación, automatización y empleo**

*(Martín Gordillo, 2005b)*

Una multinacional de comida rápida pretende instalarse en una céntrica plaza de Cartagena de Indias adquiriendo el local que ocupa un restaurante tradicional de la ciudad. La reciente muerte del propietario del restaurante parece facilitar la operación, pero la actitud de algunos de los empleados y clientes del local, hostiles a que un clásico de la gastronomía local sea sustituido por un establecimiento de comida estandarizada, abre un intenso debate sobre la conveniencia o no de vender el restaurante y las alternativas que podrían plantearse para hacer frente a la oferta económica de la multinacional. La modificación de los hábitos alimentarios que supone el auge de la comida rápida, la alternativa entre la gastronomía tradicional y los procesos automatizados y estandarizados propios de las empresas de este sector, con las implicaciones laborales y culturales que esto supone, son algunos de los elementos que se dirimen en esta controversia.

## **La escuela en la red. Un caso sobre educación, nuevas tecnologías y socialización**

*(Martín Gordillo, 2005c)*

Numerosas familias de todo el mundo han constituido una asociación internacional para reclamar el derecho a educar a sus hijos sin llevarlos a la escuela. Piensan que los Estados pueden exigirles la obligación de educar a los niños, pero no han de imponerles cómo deben hacerlo y, a su juicio, con el desarrollo de Internet y las nuevas tecnologías la educación escolarizada no es ya la única alternativa. Su propuesta ha encontrado eco entre algunas empresas dedicadas a la educación a distancia que se presentan ya como una alternativa eficaz a la escuela presencial. Los sindicatos de docentes y algunos intelectuales han visto en estas iniciativas desescolarizadoras un grave peligro, no sólo para sus intereses profesionales, sino para el futuro de la igualdad en la educación de la infancia. En este conflicto se manifiestan los desafíos que comportan las nuevas tecnologías para las formas de vida heredadas de la modernidad y se debaten conflictos entre derechos individuales y deberes sociales en un asunto que, como la educación, supone un lugar de encuentro privilegiado entre las tecnologías y los valores.

# 5

## Proyecto Contenedores: tendiendo puentes entre la difusión de la cultura científica y la práctica educativa

Aprender a conocer, a manejar y a valorar lo relacionado con el desarrollo tecnocientífico en el mundo actual, son finalidades (Martín Gordillo, 2006b) que deben estar presentes en una educación para la cultura científica. La alfabetización científica en el siglo XXI no puede limitarse únicamente a lo conceptual o procedimental. Debe incluir también las competencias relacionadas con el intercambio dialógico y la participación, con la evaluación y confrontación de los intereses y valores presentes en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico. Por ello, es importante que los ámbitos escolares, como espacios naturales de cualquier alfabetización ciudadana, reserven tiempos no solo para la enseñanza de los conceptos y procedimientos sobre los diversos temas científicos, sino también para el aprendizaje de esas competencias dialógicas necesarias para la participación ciudadana en las decisiones relacionadas con ellos.

El trabajo colaborativo, el desarrollo de proyectos, la organización de espacios para el debate y la simulación de controversias pueden ser herramientas útiles para aprender a conocer y a manejar. Pero son especialmente importantes cuando de lo que se trata es también de aprender a valorar y a participar. Por eso, la inclusión de estos fines en la educación para la cultura científica requiere la implementación de nuevas estrategias de trabajo en el aula y el diseño de materiales didácticos

orientados hacia una educación en la que el aprendizaje conceptual se concilie con esos otros fines tradicionalmente postergados.

Estos presupuestos son precisamente los que orientan el diseño de los materiales didácticos del Proyecto Contenedores, compartidos por la Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica (Martín Gordillo y Osorio, 2012).

Por la actualidad y relevancia de los temas que tratan, por la claridad formal en el modo de abordarlos y por su capacidad de persuasión, los medios de comunicación pueden ser excelentes aliados para favorecer ese tránsito hacia una nueva forma de entender el trabajo en el aula, a través de materiales didácticos sensibles a esa idea de la cultura científica vinculada con la educación para la ciudadana. El periodista ha de ser claro, ameno y conciso. Virtudes siempre bienvenidas en los entornos de aprendizaje. Pero el buen periodista debe ser, además, matizado, riguroso y capaz de integrar, distinguiéndolos, los aspectos informativos y los valorativos en los contenidos con los que trabaja.

La cultura científica es, por tanto, un ámbito en el que los medios de comunicación y la educación tienen excelentes oportunidades de encuentro. Alfabetizar a los ciudadanos, también en el ámbito de la ciencia y la tecnología, es un propósito central de la educación escolar. Facilitar información y perspectivas

de análisis, también en relación con los avances de la ciencia y la tecnología, es una finalidad primordial de los medios de comunicación, especialmente de la prensa escrita. Por tanto, los documentos periodísticos, cuando son rigurosos y están bien organizados, son un buen referente para el aprendizaje de una cultura científica atenta a las cuestiones del presente y abierta a los retos que esperan a los ciudadanos del futuro (Martín Gordillo, 2016).

Por fortuna, los periodistas no son nada disciplinados al elegir los temas de ciencia y tecnología sobre los que preparan sus documentos periodísticos. Es decir, no se preocupan de que en sus trabajos queden claras las fronteras entre la física, la química, la biología o las matemáticas, como hace el currículo escolar. De hecho, apuestan más por lo fronterizo y son muchas veces apátridas disciplinares. Eso está bien, porque la realidad de la ciencia actual, y sus relaciones con la sociedad o el medioambiente, no se define según los criterios de separación de las disciplinas escolares.

En todo caso, entre la saludable indisciplina epistemológica del periodismo científico y las fronteras cerradas de las asignaturas escolares, es posible encontrar criterios temáticos que faciliten al profesor la selección de los documentos periodísticos con valor para su uso educativo.

Por ello, para la organización de los materiales didácticos del proyecto para la Comunidad

de Educadores Iberoamericanos por la Cultura Científica se han establecido siete contenedores temáticos (que da nombre al proyecto: Contenedores) que pueden servir para la selección educativa de materiales periodísticos relacionados con la cultura científica:

### **1. Los retos de la salud y la alimentación.**

En este primer contenedor tienen cabida reportajes, artículos de opinión, entrevistas o noticias en torno a cuestiones relacionadas con la investigación biomédica, la farmacología, la prevención de enfermedades, los hábitos alimentarios y de consumo o las cuestiones globales relacionadas con la producción de los alimentos.

**2. Los desafíos ambientales.** En el segundo contenedor se integran cuestiones relacionadas con la biodiversidad, la sostenibilidad y muchos otros temas relacionados con el medio ambiente con enfoques tanto locales como globales.

### **3. Las nuevas fronteras de la materia y la energía.**

El tercer contenedor incluye desde los temas más punteros de la investigación básica en los ámbitos que enuncia su título, hasta cuestiones relacionadas con desarrollos tecnológicos en el campo de los nuevos materiales y de los problemas relacionados con la producción, la gestión y el uso de la energía.

**4. La conquista del espacio.** El cuarto contenedor da cabida a todo lo relacionado con la astronomía y la cosmología, siendo una oportunidad para rescatar cuestiones relacionadas con la historia de la observación y la interpretación de los movimientos de los cuerpos celestes, así como para suscitar inquietudes sobre el conocimiento del cosmos.

**5. El hábitat humano.** El quinto contenedor es quizá el menos próximo a las tradiciones disciplinares de la ciencia escolar, pero no por ello es menos relevante desde un punto de vista educativo. Cuestiones relacionadas con la arquitectura, el urbanismo, el tráfico, la movilidad o la ordenación del territorio son algunos de los temas que se podrían integrar en él.

**6. La sociedad digital.** En el sexto contenedor se incluyen materiales en los que se analiza el impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en nuestras formas de vida. Se trata de una reflexión más importante cuanto mayor es la asimetría entre la frecuencia del contacto con esas tecnologías por parte de los jóvenes y la reflexión sobre sus implicaciones.

**7. Otros temas de cultura científica.** El último contenedor alberga, a modo de cajón de sastre, otros aspectos relevantes para la cultura científica que no tienen acomodo en ninguno de los contenedores anteriores. Cuestiones sobre antropología u otros campos de las ciencias sociales podrían ser algunos ejemplos de esos temas relevantes reunidos en este contenedor. Pero en él tienen también cabida temas de carácter educativo más general o miradas metateóricas sobre la propia actividad científica, su historia o los aspectos políticos, económicos, éticos o filosóficos relacionados con ella.

Desde mediados de 2009 esos siete contenedores vienen sirviendo para albergar un número creciente de materiales didácticos (en 2016 son más de cuatrocientos) a disposición de la Comunidad Iberoamericana de Educadores para la Cultura Científica (y en el espacio en el espacio web del proyecto Contenedores<sup>9</sup>).

Como se ha señalado, cada uno de esos materiales didácticos parte de un documento periodístico (una noticia, un reportaje, un artículo de opinión o una entrevista) sobre el que se proponen diversas actividades viables para ser desarrolladas en aulas diversas. Cada una de esas actividades ofrecen pautas precisas y directas que hacen posible que los alumnos sepan qué uso pueden hacer de cada documento periodístico y qué proyectos de trabajo podrían realizar en relación con ese tema.

Aunque cada uno de esos materiales didácticos contiene pautas y propuestas de actividades muy diversas, en todos ellos coincide la primera de las ocho o diez actividades que se ofrecen. Se trata de una tabla con diez frases que contiene afirmaciones referidas al contenido del documento periodístico, sobre cada una de las cuales los alumnos han de pronunciarse acerca de si es verdadera o falsa. La adecuada comprensión lectora es el requisito para cualquier trabajo significativo en el aula. Por ello, un material didáctico que parte de referentes periodísticos no puede obviar, en primer lugar, un trabajo sistemático que promueva el desarrollo de las competencias lectoras en la práctica. Una estrategia —como la inclusión de esa tabla con diez frases sobre las que los alumnos han de pronunciarse— resulta un modo fácil y muy motivador para analizar de manera compartida la forma en que se comprende el contenido del documento periodístico de referencia.

9 <http://ibercienciaoei.org/contenedores/>



El resto de las actividades sobre cada material didáctico depende siempre de su contenido concreto. Unas veces se sugieren pequeñas investigaciones empíricas en las que las entrevistas, las encuestas o los trabajos de campo adecuadamente pautados serán la prolongación en la realidad más próxima de los análisis de los que se habla en un reporte o en una entrevista. En otras ocasiones, organizar una exposición, preparar una obra de teatro o cualquier otro recurso lúdico son la forma que adoptan las investigaciones creativas que se proponen y para las que el texto de referencia es un detonante motivador. Pero también hay trabajos marcadamente conceptuales, bien para profundizar en los contenidos más informativos que ya aporta el documento periodístico o bien para partir de ellos y ampliar datos sobre el tema con otras fuentes de información.

Cada una de las ocho o diez actividades que se proponen sobre cada material periodístico se adaptan a lo que resulta más fructífero educativamente a partir del tema y el contenido que en él se aborda. Por tanto, el texto periodístico sirve de excusa para enlazar con la vida inmediata de cada contexto escolar y comunitario.

Entre las actividades que se proponen cabe destacar un tipo que, aunque no está presente en todos los materiales didácticos, aparece en muchos de ellos. Se trata, otra vez, de diez frases, pero ahora no descriptivas sobre el contenido directo del documento periodístico, sino valorativas sobre aspectos relacionados con lo que el documento indirectamente suscita. Son frases sobre las que cabe estar de acuerdo, en desacuerdo o dudar. Frases, en suma, para propiciar la toma de postura ordenada y el debate argumentado sobre cuestiones controvertidas. Por analogía con las apuestas futbolísticas en las que el sujeto debe pronunciarse a favor, en contra o en duda de la victoria del equipo local, también se denominan “quinie-las” a estas actividades valorativas que se proponen como la última actividad de algunas de las propuestas didácticas.

Además de la variedad temática que muestran los siete contenedores antes comentados, los materiales didácticos disponibles en este proyecto se caracterizan por su versatilidad para ser utilizados de forma flexible en diferentes contextos curriculares y con alumnos de distintas edades. Su gran variedad les permite ser sensibles a lo local y a lo global, habiendo materiales que se centran en cuestiones geográficamente muy delimitadas y materiales que abordan temas que afectan a todo el planeta o al conjunto de los seres humanos con independencia del lugar en el que vivan. Las perspectivas culturales que muestran estos materiales son también muy diversas: la conducta de las «mariposas monarca» en México, la innovación agraria en el valle de Azapa, el colapso ambiental vivido por culturas precolombinas en Nazca, el urbanismo barcelonés, las comunidades de mujeres argentinas que se empoderan desarrollando ciertos usos de Internet o la situación de la biodiversidad en O Cerrado en Brasil, son sólo unos pocos ejemplos de los cientos de referencias a la diversidad cultural y geográfica que aparecen en los materiales didácticos disponibles. También es lingüística la diversidad de estos materiales ya que aunque la mayoría están en español, hay algunos en portugués y están en ambas lenguas los resúmenes de todos los documentos periodísticos de los que parten. Asimismo, la mirada de género también se hace presente en un buen número de propuestas didácticas que, de modo central o tangencial, también abordan ese tema.

Otra característica destacable de estas propuestas didácticas y de esa comunidad de educadores es precisamente su carácter original y endógeno del contexto iberoamericano. Los cientos de documentos que se toman de referencia y los miles de actividades didácticas que se incluyen en los materiales compartidos en esa comunidad han sido elaborados de forma original tomando como referente prioritario el contexto iberoamericano. Ello no implica que esta mirada iberoamericana no esté abierta al resto del mundo y a las cuestiones globales relacionadas con el desarrollo tecnocientífico, pero supone el reconocimiento de que ya son muchos los docentes, los periodistas y los investigadores de la región con producciones no menos valiosas e innovadoras que las procedentes de otros ámbitos culturales.

Las aulas participativas sobre temas de ciencia y tecnología no son, por tanto, un deseo o un proyecto utópico en los países iberoamericanos. Son reales en muchas prácticas que se vienen desarrollando en los últimos años. Para contribuir a su fortalecimiento los materiales descritos en este último apartado se añaden a las estrategias didácticas orienta-

das a propiciar el aprendizaje de la participación en ciencia y tecnología (las simulaciones CTS) que se han descrito en el apartado anterior. Por tanto, los dos últimos apartados de este módulo evidencian que en el ámbito iberoamericano se cuenta con numerosos recursos experimentados en aulas en las que se ha superado la lógica tradicional del paradigma narrativo-contemplativo, y se abre paso una nueva forma de interacción en el aula presidida por ese nuevo paradigma de carácter dialógico-participativo que fue caracterizado en el tercer apartado.

Este tipo de estrategias educativas y el trabajo de los docentes que conforman comunidades como las señaladas (y en las que se pueden integrar también los participantes en la Cátedra CTS de Paraguay) pueden dar respuesta a demandas con las que, como se ha indicado al comienzo, los propios alumnos (los ciudadanos del siglo XXI) están reclamando una nueva forma de entender la presencia de la cultura científica y de promover las vocaciones científicas en los contextos educativos. Demandas que, por lo demás, sintonizan plenamente con las finalidades del enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología.

# Referencias

- ARRIBAS RAMÍREZ, R. Y FERNÁNDEZ GARCÍA, E. (2005). *La basura de la ciudad. Un caso sobre consumo, gestión de residuos y medioambiente*, Madrid, OEI.
- CAMACHO ÁLVAREZ, A. (2005). *El contrato del dopaje. Un caso sobre deporte, farmacología y valoración pública*, Madrid, OEI.
- CAMACHO ÁLVAREZ, A. Y GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. (2005). *Las redes del tráfico. Un caso sobre movilidad, gestión del transporte y organización del territorio*, Madrid, OEI.
- GONZÁLEZ GALBARTE, J.C. (2005). *La ciudad de Ahormada. Un caso sobre urbanismo, planificación y participación comunitaria*, Madrid, OEI.
- FERNÁNDEZ ENGUIITA, M. (2016). *La educación en la encrucijada*. Fundación Santillana, Madrid.
- GRUPO ARGO (2005). *Las antenas de telefonía. Un caso sobre radiaciones, riesgos biológicos y vida cotidiana*. Madrid, OEI.
- GRUPO ARGO (2005). *Las plataformas petrolíferas. Un caso sobre energía, combustibles fósiles y sostenibilidad*. Madrid, OEI.
- KUHN, T. S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1977
- LEJARZA PORTILLA C. Y RODRÍGUEZ MARCOS, M. (2005). *El proyecto para el Amazonas. Un caso sobre agua, industrialización y ecología*. Madrid, OEI.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2005a). *La vacuna del SIDA. Un caso sobre salud, investigación y derechos sociales*. Madrid, OEI.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2005b). *La Cocina de Teresa. Un caso sobre alimentación, automatización y empleo*. Madrid, OEI.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2005c). *La escuela en la red. Un caso sobre educación, nuevas tecnologías y socialización*. Madrid, OEI.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2006a). *Controversias tecnocientíficas. Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores*. Barcelona: Octaedro-OEI.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2006b). "Conocer, manejar, valorar, participar: Los fines de una educación para la ciudadanía". *Revista Iberoamericana de Educación*. N° 42, pp. 69-83.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2011), "Percepción de los estudiantes sobre las capacidades propias de las ciencias para el mundo contemporáneo". En Polino, C. (comp.) (2011), *Los estudiantes y la ciencia. Encuesta a jóvenes iberoamericanos*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Buenos Aires. pp. 205-227.
- MARTÍN GORDILLO, M. (2016). "La ciencia, el futuro y las aulas: algunas propuestas didácticas sobre prospective". En *Revista de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Buenos Aires.
- MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003). "Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica". En *Revista Iberoamericana de Educación*. N.º 32, pp. 165-210.
- MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2012). "Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica. Una red para la innovación". En *Revista Iberoamericana de Educación*, N° 58, pp. 193-218.
- POLINO, C. (comp.) (2011). *Los estudiantes y la ciencia. Encuesta a jóvenes iberoamericanos*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Buenos Aires.



**CÁTEDRA  
DE CIENCIA  
TECNOLOGÍA  
Y SOCIEDAD**  
PARAGUAY



PROGRAMA PARAGUAYO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA



**CÁTEDRA  
DE CIENCIA  
TECNOLOGÍA  
Y SOCIEDAD**  
PARAGUAY

Organização  
dos Estados  
Ibero-americanos

Para a Educação,  
a Ciência  
e a Cultura



Organización  
de Estados  
Iberoamericanos

Para la Educación,  
la Ciencia  
y la Cultura

ISBN: 978-99967-829-4-7



9 789996 782947