

## La comprensión pública de la biotecnología. El caso de los alimentos transgénicos en cursos de posgrado

### *Public understanding of biotechnology. The case of GM food in postgraduate courses*

**José M. Cabo, Carmen Enrique y Marianela Morales \***

El presente trabajo trata sobre la inclusión de controversias socio-tecnológicas en el contexto de la formación posgraduada CTS. Se trata de un caso desarrollado en la maestría de Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Cienfuegos (Cuba), y se describen los resultados de una intervención didáctica sobre alimentos transgénicos, que se contextualizó en el mismo país. Se considera como variable problemática el tiempo necesario para desarrollar metodologías activas en cursos concentrados en una semana, considerando como finalidad de la intervención la alfabetización socio-tecnológica de los participantes. A partir de experiencias precedentes, se busca mejorar la metodología docente, basada en debates y discusiones en pequeño grupo, puestas en común y pequeñas investigaciones no presenciales. Se describen los resultados obtenidos, y se identifican los contenidos CTS que afloran en las discusiones y debates. Los resultados obtenidos permiten afirmar que la metodología aplicada y el tratamiento de controversias contextualizadas sobre transgénicos mejoran los resultados sobre alfabetización de las experiencias precedentes, al tiempo que resultan útiles para la introducción en contexto de contenidos CTS como el principio de prudencia, la evaluación de tecnologías, el control social de las tecnologías, el diálogo de saberes y la percepción de riesgos.

**Palabras clave:** educación CTS, controversias socio-tecnológicas, cursos de posgrado, alimentos transgénicos

*This work deals with socio-technological controversies within the context of STS postgraduate education. The case describes the results of a didactic intervention on GM food in Cuba that was given as part of the Master of Social Studies in Science and Technology of the University of Cienfuegos. The time needed to develop the active methodologies in one-week courses is considered, given that the goal of the intervention was to give the participants a socio-technological grounding in this material. Using previous experiences, the goal is to improve educational methodology, based on debates and discussions in small groups and minor research carried out at a distance. This article describes the results obtained and identifies the STS subject matter that emerges during discussions and debates. The results indicate that the methodology applied and the focus on contextualized controversies about GM food improve the results of teaching prior experiences, while also serving as a useful introduction to STS subjects such as the precautionary principle, the evaluation of technologies, social control of technologies, the knowledge dialogue and risk perception.*

**Key words:** STS education, socio-technological controversies, STS postgraduate courses, GM food

---

\* José M. Cabo: Facultad de Educación y Humanidades de Melilla (UGR/España), Dpto. Didáctica Ciencias Experimentales. Correo electrónico: [jmcabo@ugr.es](mailto:jmcabo@ugr.es). Carmen Enrique: Facultad de Educación y Humanidades de Melilla (UGR/España), Dpto. de Química Inorgánica. Correo electrónico: [cenrique@ugr.es](mailto:cenrique@ugr.es). Marianela Morales: Cátedra Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, Universidad de Cienfuegos (UCF/Cuba), Cátedra CTS de Cienfuegos. Correo electrónico: [mcmora@ucf.edu.cu](mailto:mcmora@ucf.edu.cu).

## Introducción

Los cambios sustanciales que determinaron la aceleración del factor tecnológico en la producción, así como también la conversión de la ciencia y la tecnología en un objeto de investigación que desbordó su interpretación filosófica, reclamaron una lectura crítica de su naturaleza y funciones después de la Segunda Guerra Mundial. Desde ese momento se hizo fundamental la valoración sobre sus determinaciones sociales, ampliándose la interpretación sobre sus contextos de desarrollo, su condicionamiento y sus impactos a escala de toda la sociedad.

El tratamiento de esos asuntos ha determinado la proliferación de abordajes sociológicos que permiten identificar las características de la formulación, difusión y aplicación de la ciencia y la tecnología, orientándose hacia las complejidades de sus contenidos internos, de sus formas de producción, justificación, asimilación, transmisión, legitimación social y educativa (Echevarría, 1995) y del corrimiento de sus representaciones (Núñez, 1999; Morales, Gómez y Moya, 2011).

Para Núñez (1999), lo que se opera es una interpretación que remite a su consideración como un proceso social, con significado para un contexto cultural e histórico determinado, que debe ser considerado en los abordajes educativos de todos los niveles de educación. En general, las tendencias fundamentales de su interpretación (las naturalizadoras, los enfoques históricos, axiológicos, filosóficos, sociológicos) han conducido a una evaluación contextual de los factores culturales, valorativos e ideopolíticos que penetran toda la actividad científico-tecnológica, sus resultados y las opiniones de la sociedad sobre su desenvolvimiento.

Dentro de los cambios que se operan en estas interpretaciones, se distinguen los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) como una orientación que remite al análisis de las complejidades socioculturales y a la revalorización de la imagen social de la ciencia y la tecnología desde una postura crítica.

En el área de la educación, donde se intenta conformar una nueva imagen no racionalista de la ciencia y la tecnología en sociedad, se concentran los esfuerzos en el fomento de programas interdisciplinarios de enseñanza y en la introducción de temas que inducen los análisis propios de dicha orientación, en todos los niveles (González, López y Luján, 1996). Instaurados en algunos países de América Latina, América del Norte y Europa, estos programas e iniciativas intentan lecturas de las determinaciones político-valorativas de la ciencia y la tecnología, así como la actuación ciudadana y profesional responsable ante sus riesgos y desarrollos.

De manera particular, la universidad tiene una importante responsabilidad en la modificación y conformación de los paradigmas que determinan las políticas científico-tecnológicas y educativas, sus procesos de innovación y gestión, y la asimilación de nuevas visiones de la realidad, toda vez que el fin de la educación en ese nivel debería orientarse hacia el desarrollo de conocimientos y actitudes que permitan superar la tradicional diferenciación entre el pensamiento humanista y el científico-ingenieril. Su sesgo constituye uno de los problemas fundamentales de la crisis de la educación contemporánea (Morales, 2009).

## **Contextualización sobre formación de posgrado en CTS**

Cuando nos referimos a formación de posgrado en CTS nos referimos bien a contenidos generales sobre CTS o educación CTS en cursos de doctorado o módulos de máster (“maestrías” en el ámbito latinoamericano) orientados a la investigación; a la docencia de secundaria, como el actual máster de formación del profesorado español; o bien a módulos sobre la percepción social de ciencia y tecnología, en maestrías sobre estudios sociales de ciencia y tecnología, como en el caso que nos ocupa, donde participan profesionales de diversas áreas del conocimiento.

El objeto general de estas actividades está relacionado con la familiarización o la profundización de los profesionales involucrados en los aspectos que definen la dimensión social de la ciencia y la tecnología y las variaciones de su objeto, abordadas desde disímiles perspectivas: histórica, filosófica, sociológica, ética y económica, entre otras. En el contexto de los autores de este trabajo, nuestra participación en este tipo de actividades formativas, en varias decenas de casos, en España y en países latinoamericanos, nos remite a un formato de curso concentrado en el tiempo, que puede ser varias semanas pero que generalmente es una sola (o incluso menos).

Los participantes en los procesos formativos aludidos son generalmente profesionales de mediana edad, es decir: personas con una experiencia profesional previa de años, con familia e hijos, hombres y mujeres que además tienen que compaginar el curso o módulo con su trabajo habitual, por lo que no pueden dedicar la semana de forma exclusiva a las tareas formativas que se demandan. Desde un punto de vista contextual, plantearse la metodología docente o los contenidos a enseñar en procesos formativos de posgrado en el ámbito CTS sin analizar el contexto de aplicación, supone el riesgo de hacer propuestas didácticas poco ajustadas a las características de la realidad, difícilmente transferibles, lo cual no contribuirá a una mejora efectiva de la calidad.

## **Planteamiento del problema**

Desde la década de los 80, una de las estrategias de enseñanza-aprendizaje utilizada tradicionalmente en la educación CTS es el tratamiento en el aula de estudios de casos y debates sobre controversias socio-tecnológicas (Rosenthal, 1989; Membiela, 2002; Aibar, 2002; Vallverdú, 2005). Para ello se utiliza generalmente algún tipo de metodología basada en la resolución de problemas o en procesos de descubrimiento guiado, que incluye fases de búsqueda y análisis de información, discusiones en pequeño grupo, debates en gran grupo y, finalmente, procesos de toma de decisiones orientados generalmente al entrenamiento de los ciudadanos para la participación social desde posturas informadas (Martín-Gordillo y Osorio, 2003).

El conjunto de acciones encadenadas que las metodologías anteriores precisan representa un problema serio cuando nos enfrentamos a procesos concentrados en el tiempo, con grupos de participantes que tienen una formación inicial diversa, de los que no conocemos sus intereses y motivaciones ni los contextos de su desarrollo profesional (económico, social, tecno-científico, cultural). La variable determinante en este caso, como ya se dijo, es el tiempo. ¿Cómo reproducir un proceso de indagación y búsqueda de respuestas a preguntas más o menos controvertidas en unas pocas horas de una misma semana? Generalmente el análisis de casos o el debate de controversias no cubre todas las actividades de un curso semanal de alrededor de veinticinco horas presenciales

concentradas en cuatro o cinco días, con el añadido de que el origen diverso de participantes nos obliga a veces a crear itinerarios optativos de contenidos para adaptarlos a las demandas de cada tipo de profesional, en forma de encargos de trabajos con los que se evaluará finalmente el curso.

### **El tratamiento de casos controvertidos y la naturaleza de la ciencia**

Rosenthal (1989) dibujó a finales de los 80 dos enfoques para introducir contenidos CTS: la inclusión de temas científicos y tecnológicos relevantes desde el punto de vista personal y social, relacionados con la vida cotidiana, controvertidos o no; y un segundo enfoque más centrado en aspectos culturales relacionados con la filosofía, historia y sociología de la ciencia. El primer enfoque está mucho más presente que el segundo en los libros de texto de ciencias experimentales. A pesar de ello, se encuentran ventajas e inconvenientes en ambos casos, y por esta razón, también se han hecho propuestas de combinar ambos enfoques en el tratamiento de contenidos sobre la naturaleza de la ciencia (Acevedo, 2008).

En el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales se han producido en los últimos años en España una serie de trabajos sobre la naturaleza de la ciencia (NdC) que valoran como fructífera esta línea de investigación, plantean como dificultad la falta de consenso característica de los ámbitos filosóficos y enfatizan la necesidad de un consenso sobre los contenidos de la NdC que deben ser enseñados en la educación secundaria obligatoria. Este tema suele estar presente en los cursos de formación posgraduada para los docentes que se desempeñan en el nivel secundario, pero es poco común encontrarlo en el ámbito de la formación posgraduada en estudios sociales de ciencia y tecnología.

El tratamiento didáctico de la naturaleza de la ciencia puede seguir diversas interpretaciones, entre las que se pueden encontrar:

- Las que se centran fundamentalmente en contenidos marcadamente epistemológicos sobre la ciencia, pues subrayan sobre todo las características metodológicas y procedimentales propias, tomando como autor de referencia a Lederman (1992).
- Las que destacan sobre todo aspectos cognitivos en los temas sobre NdC, como Fernández et al (2002), que utilizan términos como “ideas sobre la ciencia”, “ideas ingenuas sobre la ciencia” o “visiones sobre la actividad científica”. En definitiva, los que se preocupan de los resultados de los procesos de construcción de la idea de ciencia como consecuencia de la enseñanza científica en las etapas obligatorias desde una óptica que se ha popularizado como “constructivista”.
- Las que provienen de la tradición investigadora de las actitudes hacia la ciencia y actitudes relacionadas con la ciencia, que, desde esta perspectiva dan mayor importancia a las relaciones CTS que a los elementos específicamente epistemológicos, como en los casos de Manassero, Vázquez y Acevedo (2001).

Se puede discutir sobre la necesidad de un consenso, español o internacional (Acevedo et al, 2007), sobre qué debe ser enseñado o no. O dicho de otra manera, ¿qué imagen de la ciencia y la tecnología se puede tener si lo que se enseña es *sólo* lo consensuado? Podemos caer en la idea de que el conocimiento científico es un proceso de construcción de verdades absolutas, y en consecuencia un proceso de reconocimiento de la objetividad del conocimiento, conducente a su supuesta neutralidad. Si sacamos de los contenidos de

la enseñanza científica los asuntos controvertidos (o dicho de otra manera, sobre lo que no hay consenso), ¿no estamos contribuyendo a perpetuar las “visiones deformadas de la ciencia” por “aprobémáticas”?

El criterio de selección de aspectos sobre NdC que pueden ser integrados en los debates de casos controvertidos va en paralelo con el criterio de selección de los casos, pero, si la variable tiempo nos determina, sería útil adelantar cuales son los aspectos de la NdC que son susceptibles de ser tratados en controversias específicas. Nos hemos concentrado en el caso de los alimentos transgénicos y la biotecnología. Este elemento tiene una importancia fundamental si tenemos en cuenta que en el mundo contemporáneo el desarrollo de estas actividades se vincula a dos de los asuntos que marcan la crisis ambiental y económica en la que se encuentra inmersa la sociedad, tanto de los países desarrollados como de los llamados subdesarrollados: el problema de la seguridad alimentaria.

Este caso nos permite visualizar el alcance pero también los límites de la ciencia, diferenciando conocimiento científico experimental, con otros tipos de conocimiento. Las consecuencias para el medio ambiente y la salud, presentes en esta controversia, son de interés para la ciudadanía, y no sólo para los profesionales, por su relación con la vida cotidiana, pues se trata de lo que comemos.

En este trabajo se han establecido los siguientes objetivos:

- Identificar los contenidos CTS que afloran en los debates y discusiones provocados por el tratamiento de controversias socio-tecnológicas en el aula, en el caso concreto de la producción y consumo de alimentos transgénicos.
- Optimizar la metodología docente desde el punto de vista de la gestión del tiempo en contextos de cursos de posgrado concentrados en una semana.

### **Aspectos metodológicos del tratamiento de las controversias**

Desde el punto de vista metodológico, utilizamos muestras incidentales, es decir, los participantes de los cursos de posgrado, lo que no nos permite elaborar conclusiones generalizables, pero desde el punto de vista didáctico aportan la realidad del aula en estas condiciones.

En una primera versión de la maestría en la que participamos, la metodología seguida fue la siguiente:

- Se expuso en un texto corto que fue presentado verbalmente al grupo la existencia de controversias sobre la producción y consumo de alimentos transgénicos (15 minutos).
- Se distribuyeron dos textos que presentaban dos posturas enfrentadas con distintas argumentaciones sobre los alimentos transgénicos, aproximadamente de la misma extensión, y se dio tiempo para su lectura en el aula (aproximadamente 30 minutos).
- Se pasó el cuestionario (aproximadamente 15 minutos).
- Se realizó un debate en gran grupo (aproximadamente 1 hora).

El cuestionario utilizó el formato de elección múltiple en donde se combina lo cualitativo y cuantitativo, pues se solicita que se justifique en una página como máximo la elección seleccionada en el cuestionario, de forma que no sólo nos interesa saber cuál es la

opinión sobre la controversia, sino el por qué o cómo se argumenta la elección. Para la elaboración del cuestionario, se analizaron fuentes bibliográficas diversas (desde artículos periodísticos hasta actas de congresos) de agentes sociales diferentes (ecologistas, empresarios agrícolas, administración pública y consumidores), en donde se identificaron diversas posiciones o posturas que se utilizaron en la redacción de las opciones de respuesta del instrumento, de forma que cada ítem que se podía elegir representaba puntos de vista distintos y reales sobre la controversia.

Se pedía a los participantes que eligieran una de las seis opciones que se presentaban (las opciones de respuesta pueden consultarse en la **Tabla 2**) y que la justificaran en el anverso de la hoja del cuestionario. El análisis de las argumentaciones nos mostró, en primer lugar, que la elección de una postura única no representaba a todos los participantes: algunos discutían sus dudas entre varias opciones en lugar de justificar la elegida. En este sentido, nuestra experiencia coincide con Manassero, Vázquez y Acevedo (2001), quienes encontraron ventajas en el formato de respuesta múltiple no única. Éste valora todas las opciones, pues lo contrario hace perder información valiosa para comprender el planteamiento del que responde. Además, en nuestro caso, concluimos que las opciones identificadas en la consulta bibliográfica para la construcción del instrumento de evaluación no representaba todas las opciones posibles: en algún caso minoritario incluso se justificaron posiciones ambivalentes.

Algunas de las argumentaciones no aportaban nada sobre por qué se había elegido la opción marcada en el cuestionario. Más del 90% de las respuestas no utilizaron ningún argumento aportado por la lectura previa de textos a favor y en contra de los transgénicos. Es decir: justificaron su elección en función de creencias personales, profesionales o ideológico-políticas preexistentes.

### **Propuesta sobre el tratamiento de controversias en cursos intensivos de posgrado**

A partir de la experiencia precedente, reformulamos el proceso. Desde un punto de vista contextual, necesitamos tratar controversias específicas. Por ejemplo, pongamos dos argumentos:

- Si tenemos que discutir sobre la contaminación genética de los transgénicos, podemos utilizar informes sobre evaluaciones de campo y afirmar que los cultivos transgénicos contaminan los cultivos tradicionales de su entorno, pero en realidad no poseemos información sobre todos los cultivos transgénicos. No existen datos empíricos en todos los casos, por lo que podemos asumir el principio de prudencia pero no hacer suposiciones sin base empírica.
- Si discutimos, por ejemplo, sobre la empresa Monsanto y sus semillas, esa crítica no afectará a transgénicos desarrollados en países en donde la investigación es exclusivamente pública y en donde no se crea negocio con esta tecnología.

Lo que se discute sobre transgénicos se puede cerrar en algunos casos con pruebas experimentales, pero en otras ocasiones ello no es posible, entonces la toma de decisiones no depende de poseer o no una información “objetiva”. Así que deberíamos trabajar con transgénicos específicos que sean controvertidos especialmente en aquellos países en donde se producen. ¿Qué sentido tendría discutir en España sobre un maíz transgénico desarrollado en Cuba y no hacerlo sobre otra variedad transgénica cultivada en España? Desde el punto de vista de la participación social, ninguno.

Pero la contextualización no sólo afecta al “objeto tecnológico” o al contexto de aplicación, sino también al contexto socio-económico y cultural, local y nacional. Este elemento pasa ante todo por la determinación del entorno de trabajo en donde se realiza el proceso formativo, como la tradición de pensamiento, los entornos políticos, ambientales y culturales que modelan la capacidad de discusión sobre un tema en cuestión y, lo que es fundamental, la relevancia del mismo para el contexto de formación. Temas de ciencia y tecnología claves para los países europeos no son más que un falso problema para los países latinoamericanos y viceversa. En otras palabras, estos temas tienen significación relativa para los entornos de vida.

En el caso cubano, el debate público sobre transgénicos resurgió con fuerza a finales del mes de mayo del 2010. Participaron en él Carlos Borroto (jefe del programa cubano de biotecnología agropecuaria), periodistas, Carlos Delgado (profesor de filosofía de la Universidad de La Habana) y la ecologista canadiense Mélanie Bélanger, a través de los medios de comunicación Juventud Rebelde y Rebelión, incluyendo la aparición en la Feria del Libro de La Habana (2010) del texto *Transgénicos, ¿Qué se gana? ¿Qué se pierde?*, de Eduardo Freire y Funes. El debate, si bien fue generalista, venía a propósito del desarrollo cubano del maíz transgénico FR-Bt1 y de las primeras pruebas de campo.

Lo que interesa especialmente en estos casos controvertidos no es comprobar que los participantes han asumido nuestro punto de vista en la controversia, sino enriquecer la información con la que se cuenta y mejorar la calidad y cantidad de las argumentaciones, pues un “veredicto” sobre transgénicos implica problemas sociales como el hambre en el mundo, temas económicos, de mercado y de multinacionales, de efectos sobre la salud de los consumidores, problemas ambientales, actitudes hacia la biotecnología, percepción de riesgos y control social de la biotecnología, entre otros.

Precisamente este sumatorio de dimensiones presentes en el caso y la imposibilidad de conocer y dominar todos los datos “objetivos” sobre ellos por una sola persona nos lleva a pensar que más que un aporte de información, entendido desde los modelos de comunicación social de ciencia y tecnología como unidireccional o bidireccional, de lo que se trata es de un diálogo de saberes de distinto tipo.

Tampoco podemos olvidar que quienes siembran las semillas, transgénicas o no, generalmente no asisten a cursos de posgrado en donde se tratan controversias socio-tecnológicas. En realidad, esta población posee unos conocimientos prácticos que no se aprenden muchas veces en las universidades y los centros de investigación, pero que cuentan con la validación empírica de la experiencia. No debemos perder este tipo de información, cultural y técnica al mismo tiempo. El 19 de mayo de 2011, por ejemplo, se vio en la televisión pública española una noticia que hablaba del fenómeno ocurrido en China en unos campos de sandías donde los campesinos utilizaron dosis excesivas de un producto fitosanitario sin atender las instrucciones de los fabricantes, con la consecuencia de que las sandías comenzaron literalmente a explotar. La bioseguridad con la que se producen muchos productos tecnológicos no termina en el momento en que se comercializan.

Finalmente, con respecto a la metodología docente desarrollada en esta experiencia, hemos ido apuntando algunos aspectos que consideramos necesario modificar, a partir de los antecedentes. El proceso, evaluado tras su aplicación en junio del 2011, puede describirse así:

- *En una primera sesión, y aproximadamente durante 1/1.30 hs.:*
  1. Se presenta verbalmente la existencia de controversias sobre la producción y consumo de alimentos transgénicos en el ámbito internacional y en el ámbito cubano.
  2. Se pasa un cuestionario inicial para poner encima de la mesa las ideas, creencias y posturas relacionadas con el caso.
  3. Se realiza un primer debate en gran grupo sobre las posiciones respectivas y sus argumentaciones.
  
- *En un segundo día, y aproximadamente durante 1.30/2 hs.:*
  4. Se presenta un dossier sobre transgénicos en Cuba utilizando la mayor diversidad posible de fuentes cubanas, y se aporta una síntesis del mismo para su lectura.
  5. Se lee la información aportada, en la que se identificarán los agentes sociales implicados y los aspectos más relevantes desde el punto de vista de las relaciones CTS. Se discute en pequeño y gran grupo lo leído.
  6. Se encarga una pequeña investigación a realizar como trabajo independiente, consistente en evaluar mediante entrevistas la percepción social sobre cultivos transgénicos de algunas personas, dejando un tercer día para el trabajo no presencial.
  
- *En un cuarto día, y aproximadamente durante 2 hs.:*
  7. Los grupos exponen sus resultados y se realiza un debate final de gran grupo.
  8. Se vuelve a pasar el cuestionario inicial.

## **Resultados obtenidos**

A continuación, recogemos los resultados obtenidos tras la experiencia realizada en junio de 2011 en el marco del *Módulo sobre Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología* en la “Maestría en Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología” desarrollada en la Universidad de Cienfuegos (Cuba).

En la **Tabla 1** se recoge la información utilizada como argumento por los participantes. Como puede apreciarse, son las implicaciones éticas el argumento que mayormente es utilizado, seguido de la contextualización de la controversia en Cuba y el enriquecimiento de las empresas frente a las políticas públicas sociales.



**Tabla 1. Distribución de los argumentos utilizados por los participantes**

<b>Información utilizada como argumentos</b>	<b>Número de casos (máx. 30)</b>
Implicaciones éticas	13
Contextualizan la controversia en Cuba	11
Enriquecimiento de empresas vs políticas públicas sociales	10
Principio de prudencia	7
Control social-diálogo público	7
Biodiversidad (contaminación génica)	5
Valoración de riesgos	4
Salud de los consumidores	4
Problema no de la Biotecnología sino de las personas/científicos	4
Dios	1

El conjunto de argumentaciones que se utilizaron, tanto para estar a favor como en contra de la producción y consumo de maíz transgénico en Cuba, pone de manifiesto que las informaciones aportadas al comienzo de la secuencia de actividades sí están presentes en las justificaciones personales. No todos los participantes las utilizaron todas, pero sí asumieron aquellas que les resultaron significativas.

Seguidamente, se indican los argumentos a favor, en contra y de réplica expuestos tras un “juego de roles” en donde se agruparon los participantes formando grupos a favor y grupos en contra:

<p><b>Argumentos a favor</b></p>	<p>Los problemas de salud y medio ambiente son debidos al uso inadecuado. Aumenta la producción de alimentos de primera necesidad. Se ha comprobado que no afecta a la salud y el medio ambiente. No se deben cerrar puertas a los avances biotecnológicos. Evaluación de riesgos favorables. Se resalta el valor utilitario. Abordar los riesgos desde dimensiones sociales y éticas para situarlos pero no para frenar el avance. A favor con ética y prudencia.</p>
<p><b>Argumentos en contra</b></p>	<p>No se tiene en cuenta el proceso completo de implementación. No se sabe cuanto pueden modificar el ecosistema. Efectos futuros sobre la salud humana: ha transcurrido poco tiempo para saberlo. La no aceptación por parte de los campesinos de las semillas transgénicas. Económicamente, ¿a quién puede beneficiar? Afectación de la biodiversidad. Provoca daños sociales y para la salud. No hay falta de alimentos, solo mala distribución. Se utilizan para un fin, un monopolio: capitalismo. El uso y la propia tecnología son los culpables (mito del uso). Daños superiores a los beneficios. Necesidad de control de la salud, del mercado y de la propia tecnología. Plano contextual de las necesidades.</p>
<p><b>Argumentos de réplica entre grupos a favor y en contra</b></p>	<p>¿Vamos a dejar de hacer algo por miedo al error? Hay que identificar los riesgos. ¿Por qué no aceptar y educar éticamente? Es un producto totalmente cubano y se cultiva como el otro maíz. Diálogo entre expertos y novatos: No se apela a este tipo de diálogo. La información es aportada solo por expertos. Aplicación del principio precautorio. ¿Cuáles son las necesidades alimentarias y de quién? Defensa del uso racional de los alimentos transgénicos. Falta transparencia informativa y percepción pública. ¿Cómo explicar a los campesinos que no solo tiene una nueva semilla sino más tecnología? No son necesarios para alimentar a la humanidad. La biotecnología es un nivel de dominación (patentes). Dominio de expertos.</p>

Tras la pequeña investigación en grupo realizada por los participantes, se presentaron, mediante una puesta en común, estos resultados:

<b>Argumentos a favor</b>	Se trata de nuevos conocimientos de la investigación agrícola con efectos en la economía (reducir importación de alimentos). Se confía en el proceso de bioseguridad. Es una alternativa alimentaria. Confianza en las condiciones “tecnocientíficas y éticas”. Favorece el desarrollo social y ciudadano.
<b>Argumentos indecisos</b>	Formación en los medios de comunicación. Desconocimiento personal del tema.
<b>Argumentos en contra</b>	Disminución de la productividad por falta de tratamiento especializado. Aparición de nuevas plagas. Necesidad de usar nuevos fertilizantes y plaguicidas. El uso de alimentos transgénicos para pienso “pasará a las personas”. A favor de mantener tecnologías tradicionales (guajiros). No significa independencia alimentaria. Alteración del ciclo evolutivo. Implementación incorrecta y no seguimiento. Son un riesgo para la salud humana. Falta capacitación y conocimiento.

Finalmente, exponemos las conclusiones de consenso alcanzadas en el grupo de discusión:

El problema no es la biotecnología sino el uso de la misma. Principio de prudencia (ambivalencia de uso). Consecuencias sobre la salud, el medio ambiente y la economía. Presencia de valores éticos. Participación social: Existe debate público. No participan todos los agentes implicados. Acceso a la información no generalizado (Internet). Aumento de producción de alimentos (soberanía alimentaria). Necesidad de control social de la techno-ciencia. Percepción de riesgo.

En la **Tabla 2** se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ítems que compone el cuestionario que cumplimentaron al comienzo y al final del tratamiento de la controversia.

**Tabla 2. Grado de acuerdo con los ítems propuesto. Medias alcanzadas al inicio y al final del tratamiento de la controversia**

<b>Ítems (Escala Likert 1-5, donde 1 es Muy en Desacuerdo y 5 Muy de acuerdo)</b>	<b>Media pretest</b>	<b>Media posttest</b>
<b>1.</b> Estoy de acuerdo con los ecologistas cuando reclaman el principio de prudencia ante avances biotecnológicos	4.44	4.87
<b>2.</b> La Humanidad está alterando a los seres vivos mediante selección artificial en la agricultura y ganadería, así que no existe inconveniente en seguir alterando las especies para el provecho de la Humanidad	2.72	2.27
<b>3.</b> La Biotecnología para lo único que sirve es para enriquecer a las empresas privadas. Creo que los gobiernos deberían crear leyes para conseguir que los avances científicos contribuyan a la mejora de la calidad de vida de todas las personas y no solo de las que tienen dinero para consumir.	3.78	3.74
<b>4.</b> Soy creyente, y por tanto, creo que los científicos juegan a ser Dios cuando modifican a los seres vivos para su provecho. La obra de Dios debe ser respetada.	2.81	2.43
<b>5.</b> No soy creyente, así que no tengo en cuenta las creencias religiosas. El avance de la Biotecnología tiene que continuar, aunque se modifiquen los seres vivos.	2.85	2.57
<b>6.</b> En realidad no tengo claro si la Biotecnología es buena o mala. Tengo dudas sobre la cuestión ante las razones a favor y en contra.	2.82	2.83

Las actividades realizadas no han modificado radicalmente las opiniones y creencias de los participantes. Pero ese no era el objetivo de la intervención. Sin embargo, las argumentaciones con las que justificaban sus posiciones se enriquecieron a partir de las informaciones aportadas y las actividades realizadas, lo cual sí era uno de los objetivos perseguidos.

Existe un alto grado de consenso sobre el principio de prudencia. No obstante, el principio de prudencia se utiliza como argumento ambivalente, tanto para apoyar como para rechazar los transgénicos.

Existe también un ligero desacuerdo hacia la idea de que, al haber alterado la humanidad mediante selección artificial a las especies animales y vegetales que sirven de alimento humano, es aceptable seguir haciéndolo mediante transgénesis. El problema no es la mejora de la producción de alimentos mediante técnicas utilizadas en la llamada

“Revolución verde” u otras técnicas biotecnológicas, sino que se percibe como un salto cualitativo la modificación genética.

Los aspectos económicos no constituyen un argumento en contra de los transgénicos en el contexto cubano, pues se está de acuerdo en que es posible establecer políticas públicas que orienten la producción para satisfacer necesidades humanas y no el enriquecimiento de empresas. Este dato nos refuerza la necesidad de contextualizar el tratamiento de las controversias, porque modifican algunas dimensiones presentes en la controversia, como es el caso de las consecuencias económicas. Las creencias religiosas no parecen afectar a la controversia.

## Conclusiones

De acuerdo a los objetivos previstos, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- En relación a los contenidos CTS, podemos afirmar que el trabajo en equipo, las discusiones grupales y los trabajos prácticos consistentes en pequeñas investigaciones han permitido aflorar, alrededor de la controversia presentada, una serie de contenidos CTS mucho más variada que la que se deduce del propio instrumento de evaluación y del dossier informativo.
- Si se comparan estos resultados con los obtenidos mediante lectura de textos y discusión grupal, podemos concluir que se ha mejorado el objetivo formativo de alfabetización socio-tecnológica. Los participantes justificaron con una mayor diversidad de argumentos sus opiniones.
- El tratamiento de los alimentos transgénicos como asunto controvertido permite tratar en contexto cuestiones CTS tan importantes como el principio de prudencia, la implicación de cuestiones éticas, el diálogo CTS, el control social de la ciencia y la tecnología y la evaluación de riesgos tecnológicos. Por lo tanto, en casos en los que la intervención didáctica incluya esos contenidos para su tratamiento teórico, resulta adecuado seleccionar esta controversia.
- Desde un punto de vista práctico, en el contexto de cursos de posgrado concentrados en el tiempo, y debido a las conclusiones anteriores, creemos que merece la pena ampliar el tiempo destinado al tratamiento de esta controversia, pues permite integrar objetivos formativos de tipo conceptual, cuestiones metodológicas y procedimentales y, finalmente, incluir los valores constitutivos y contextuales que nos permiten evitar la transmisión de una imagen de neutralidad de la ciencia y la tecnología.

## Bibliografía

ACEVEDO, J. A., VAZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007): “Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: Fundamentos de una investigación empírica”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 4, nº 1, pp. 42-66.

ACEVEDO, J. A. (2008): “El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 5, nº 2, pp. 178-198.

AIBAR, E. (2002): “El conocimiento científico en las controversias públicas”, en E. Aibar y M. A. Quintanilla: *Cultura tecnológica. Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Barcelona, ICE/Horsori, pp. 105-125.

- ECHEVERRÍA, J. (1995): *Filosofía de la Ciencia*. Barcelona, Editorial Akal.
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002): "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20, nº 3, pp. 477-488.
- GONZÁLEZ, M., LÓPEZ-CEREZO, J. A. y LUJÁN, L. (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Editorial Tecnos.
- LEDERMAN, N. G. (1992): "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, nº 4, pp. 331-359.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*, Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MARTÍN-GORDILLO, M. y OSORIO C. (2003): "Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica", *Revista Iberoamericana de Educación*, nº 32, pp. 165-210. Disponible en: <http://www.campusoei.org/revista/rie32a08.pdf>.
- MEMBIELA, P. (2002): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, Madrid, Narcea.
- MORALES, M. (2009): "Los estudios sobre imágenes de la ciencia y la tecnología", en M. Morales (ed.): *CTS, cuestiones de interpretación teórica*, Cienfuegos, Editorial Universo Sur, pp. 93-100.
- MORALES, M., GÓMEZ, V. y MOYA, N. (2011): "Panorama del estado de los estudios CTS en Cuba", en C. Espinoza, (comp.): *Ciencia, tecnología y sociedad en la universidad de hoy*, Quito, UMET/UCF, pp. 55-63.
- NÚÑEZ, J. (1999): *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar*, La Habana, Editorial Félix Varela.
- ROSENTHAL, D. B. (1989): "Two approaches to science-technology-society (S-T-S) education", *Science Education*, vol. 73, nº 5, pp. 581-589.
- VALLVERDÚ, J. (2005): "¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, vol. 2, nº 5, pp. 19-50.