

Ciencia y Sociedad: una ventana a la visión CTS en la formación sociohumanística de las carreras de la Facultad de Química, UNAM

Science and Society: A window to the CTS vision in the socio-humanistic training of the courses of the Faculty of Chemistry, UNAM

Rolando Javier Bernal Pérez, José-Ramón Orrantia Cavazos, Luis-Miguel Trejo Candelas y Luis Avelino Sánchez Graillet¹

Resumen

En este trabajo se presenta una breve descripción de la asignatura de Ciencia y Sociedad, con una descripción sintética de sus antecedentes, y de los antecedentes y presupuestos metodológicos del enfoque CTS; para referir luego las principales metodologías educativas empleadas por las y los docentes que imparten Ciencia y Sociedad, así como algunos de sus resultados. Y se cierra con una discusión sobre los efectos positivos que se han logrado con la implementación de esta asignatura en el primer semestre de las carreras de la Facultad de Química de la UNAM, más algunas consideraciones finales.

Palabras clave: ciencia y sociedad; educación CTS; educación química ética.

Abstract

In this paper, a brief description of the Science and Society course is presented, including a concise overview of its background and the methodological assumptions of the STS (Science, Technology, and Society) approach. It then refers to the main educational methodologies employed by the teachers who teach Science and Society, as well as some of their results. The paper concludes with a discussion on the positive effects achieved through the implementation of this course in the first semester of the bachelor's at the Faculty of Chemistry at UNAM, along with some final considerations.

Keywords: science and society; STS education; ethical chemistry education.

CÓMO CITAR:

Bernal Pérez, R. J., Orrantia Cavazos, J.-R., Trejo Candelas, L.-M., y Sánchez Graillet, L. A. (2024, septiembre). Ciencia y sociedad: una ventana a la visión CTS en la formación sociohumanística de las carreras de la Facultad de Química, UNAM. *Educación Química*, 35(Número especial). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.89408e>

¹ Facultad de Química, UNAM.

Introducción

“Ciencia y Sociedad” es una asignatura sociohumanística, con carácter curricular y obligatorio, que se imparte en el primer semestre de las seis licenciaturas que ofrece la Facultad de Química de la UNAM, como parte del tronco común de todas las carreras¹. La materia supone tres horas por semana de estudio teórico frente a grupo, al tener seis créditos, se entiende que el estudiantado estudiará tres horas fuera del aula. Actualmente, Ciencia y Sociedad se imparte en los semestres de nuevo ingreso de la Facultad de Química a un total de 22 grupos, con un promedio de 65 estudiantes por grupo. Por diseño, la materia es impartida por dos docentes que trabajan simultáneamente ante el grupo, ambos con igual estatus (no un titular y un asistente), con parejas docentes integradas por una persona profesionista proveniente del ámbito de las disciplinas STEM², y otra formada en el ámbito de las ciencias sociales o las humanidades. Como sus objetivos más generales, la asignatura de Ciencia y Sociedad se propone llevar a las y los estudiantes a reconocer que la ciencia y la tecnología son prácticas que se desarrollan en un entorno social, cruzado por determinantes culturales, históricos, éticos, políticos y económicos; con lo que se busca contribuir a la formación de ciudadanas y ciudadanos capaces de tomar decisiones razonadas y responsables, bajo un enfoque crítico, conducente al máximo bienestar social posible. La propuesta educativa por la que se ha optado para el logro de tales fines ha sido, desde que la asignatura empezó a impartirse, el llamado “enfoque CTS”. Acróstico de “Ciencia Tecnología y Sociedad”³, que refiere una propuesta educativa innovadora, que ha supuesto un cambio radical en el currículo escolar, al contemplar y enfatizar la formación de valores éticos como un objetivo prioritario en el aula, persigue al mismo tiempo, la promoción y facilitación de la participación ciudadana en las discusiones y los procesos de decisión pública en materias de ciencia y tecnología (Sobes y Vilches, 2000; Aikenhead, 2005). Algo similar se ha propuesto en diversos proyectos en la educación científica preuniversitaria en México (Rueda, 2005).

¿Por qué incluir asignaturas sociohumanísticas en los planes de la FQ?

Una primera pregunta, pertinente sin duda, a este respecto es: ¿Por qué sería necesario considerar siquiera la inclusión de asignaturas sociohumanísticas en los planes de carreras de carácter eminentemente científico y técnico, como las impartidas por la Facultad de Química? ¿Qué no están ya los planes de estas carreras sobradamente cargados de asignaturas disciplinarias, como para tener que hacerles espacio a asignaturas sociohumanísticas, que no tienen conexión directa con las competencias técnicas inmediatas que forman el núcleo fundamental de las disciplinas propias de la química?

La respuesta a tales interrogantes supone apreciar el hecho de que tanto en el panorama internacional como en el nacional se produjo, a partir notablemente, de la década de 1990, un giro fundamental en la concepción de la enseñanza superior en lo general, y

¹ Se trata de las licenciaturas en: Química, Ingeniería Química, Ingeniería Química Metalúrgica, Química de Alimentos, Química Farmacéutica Biológica y -la de más reciente creación- Química e Ingeniería en Materiales.

² Acróstico, en inglés, de “ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas” (Science, Technology, Engineering & Mathematics).

³ O bien, “STS”, por sus siglas en inglés (Science, Technology and Society). Al enfoque CTS se le conoce también, en ocasiones, por algunas variantes. Como “CTS+V” (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Valores), o “CTS+ID” (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Investigación y Desarrollo). En cualquiera de estos últimos casos, la base metodológica y filosófica de estos otros es el enfoque CTS.

en la enseñanza de la química, acaecido a partir del reconocimiento de que los nuevos tiempos demandaban profesionistas que no solo estuviesen ampliamente capacitados en sentido técnico, sino que contaran también con la capacidad de comprender a la ciencia y la tecnología desde una perspectiva social y humanística interdisciplinaria, como condición para formar profesionales capaces de incidir positivamente y con un alto sentido de ética y responsabilidad social en el desarrollo científico y tecnológico (UNESCO, 1998).

Esta nueva concepción de la educación profesional contaba, sin embargo, con algunos antecedentes más remotos. Así, por ejemplo, ya el Consejo Americano de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (ECPD)⁴ de los EE.UU. había planteado, desde la década de 1930, la necesidad de que los planes universitarios para la formación de ingenieros incluyesen asignaturas tales como Gestión Empresarial e Industrial, Economía y Sociología, Filosofía, Literatura, Historia, Bellas Artes, etc. Para 1950 recomendó que al menos medio año de los estudios de ingeniería tendría que conformarse con asignaturas seleccionadas de entre los campos de la historia, economía, gobierno, literatura, sociología, filosofía, psicología o bellas artes. En 1980 el ECPD se convirtió en la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET)⁵, y requirió entonces que los cursos en humanidades y ciencias sociales constituyeran al menos el 12.5% (medio año, aproximadamente) de los planes de estudio en ingeniería. Y los criterios de acreditación más recientes de la ABET -de 1997- señalan que los programas de ingeniería deben demostrar que sus egresados poseen: a) comprensión de sus responsabilidad profesional y ética; b) capacidades para comunicarse eficazmente; c) educación amplia y suficiente para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social; y d) un conocimiento de los problemas contemporáneos (Stephan, 2001).

En esa misma década de 1990, esta preocupación por la formación sociohumanística se iba ampliando hacia la generalidad de las diversas áreas profesionales, cuando diversos organismos internacionales relacionados con la educación superior reconocieron que las sociedades enfrentaban, a escala global, problemas y desafíos en los que figuraban de modo prominente diversas intervenciones tecnocientíficas. Problemas y amenazas que iban desde grandes catástrofes nucleares o industriales, hasta los efectos insidiosos de la contaminación ambiental o el agotamiento de los recursos naturales, pasando por riesgos relacionados con nuevas tecnologías emergentes o nuevas líneas de investigación científica (ingeniería genética, redes informáticas, etc.). Todo lo cual estaba poniendo en entredicho las bondades de la ciencia y la tecnología, y llevaba a cuestionar las responsabilidades sociales y morales de personas científicas, tecnólogas e ingenieras. La educación superior ya no podía tener, pues, como único objetivo la formación de cuadros óptimamente capacitados en el aspecto técnico, sino que se requería que los nuevos profesionales contaran además con herramientas para entender los riesgos y desafíos tecnocientíficos desde una comprensión amplia de los determinantes y dinámicas históricas, culturales, políticas y económicas que guian el desarrollo de los sistemas científicos y tecnológicos en el contexto de las intervenciones concretas en países, regiones o comunidades determinados. Todo ello con el fin de que las nuevas personas profesionistas pudieran participar eficazmente en el diseño e implementación de sistemas tecnocientíficos desde un horizonte de responsabilidad ética, conducente a una creciente socialización y democratización de las decisiones en materia científica y tecnológica.

⁴ Engineers' Council for Professional Development, establecido en junio de 1932, para vigilar la educación, acreditación, regulación y desarrollo profesional del profesionales y estudiantes de ingeniería en los Estados Unidos, así como para proponer códigos de ética profesional.

⁵ Accreditation Board for Engineering and Technology.

Se esperaba así que la educación superior fomentara, no solo la adquisición de conocimientos técnicos, sino también una formación integral del estudiantado con una visión amplia de cultura humanista, capacidad para navegar por la interdisciplina, y desarrollo y fortalecimiento de valores éticos y morales con una visión de responsabilidad y compromiso sociales. Lo que quedó particularmente bien plasmado en los resolutivos de la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior de 1998, celebrada en París, bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura (UNESCO); en donde se señaló la necesidad de que los planes y programas de estudio de la educación superior se modificaran, o se crearan otros nuevos, adecuados a la formación de un nuevo tipo de profesionistas: flexibles, creativos, capaces de contribuir a la innovación y hacer frente a las incertidumbres, con sensibilidad social y capacidades de comunicación y de trabajo en equipo, dispuestos a asumir responsabilidades, con espíritu de empresa y polifacéticos en sus capacidades para el manejo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (UNESCO, 1998). Se requería, pues, de una nueva concepción de la educación superior, en la que se incluyera la formación sociohumanística dentro de los planes y programas de estudio de las carreras tradicionalmente consideradas como exclusivamente técnicas o científicas.

A la vuelta del nuevo milenio, este imperativo por hacer que la educación superior tomase un carácter complejo en las intersecciones entre las que solían ser disciplinas tajantemente delimitadas y separadas se fue haciendo cada vez más contundente. Ello al punto de que las disciplinas y las áreas del conocimiento tradicionales, con fronteras claras y excluyentes entre lo científico, lo social y lo humanístico, parecían volverse obsoletas, o verse al menos seriamente limitadas y rebasadas por una sociedad del conocimiento que daba pasos claros hacia una nueva sociedad de la complejidad. De modo, por ejemplo, que la Lemelson Foundation (organización dedicada a la promoción de la invención y la innovación) planteó, desde un enfoque de aprendizaje colaborativo, un nuevo marco de referencia para la enseñanza de las ingenierías, con un fuerte enfoque en la sustentabilidad, señalando como fundamento de ésta tres categorías de competencias ostensible interdisciplinarias, transitadas por conocimientos y competencias de carácter sociohumanístico: (a) pensamiento sistemático alrededor de los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), con conexión y colaboración entre diversas disciplinas; (b) conocimiento y entendimiento en las áreas de alfabetización ambiental, responsabilidad social y economía y negocios responsables; y (c) habilidades, experiencias y comportamientos técnicas (medición de impactos ambientales, selección de materiales y, diseño, etc.), y habilidades de liderazgo, pensamiento crítico y comunicación y trabajo en equipo (Lemelson Foundation, 2020).

Por lo que toca específicamente al área de la química, la Asociación Química Norteamericana (ACS, por sus siglas en inglés), ha señalado, en sus lineamientos para planes de estudio profesionales en el área química, que:

Preparar estudiantes para el ámbito laboral moderno requiere de algo más que habilidades técnicas. Las encuestas con los empleadores consistentemente señalan la importancia de habilidades interpersonales, como las de la comunicación compleja, habilidades sociales, trabajo en equipo, sensibilidad cultural y capacidad para manejar la diversidad cultural, como condiciones para lograr el éxito en un amplio rango de áreas. Los departamentos efectivos [de química] entran a sus estudiantes para comunicarse de manera efectiva, incluyendo el manejo de tecnologías de la información relevantes, y les introducen también en el trabajo colaborativo y en la ética de la ciencia". (ACS, 2023: 27)

Más específicamente aún, la ACS señala que: «Los planes exitosos [de química] preparan a sus estudiantes para reconocer los impactos de su trabajo sobre los individuos y sobre las sociedades»; que «Los planes [efectivos] proporcionan a los estudiantes múltiples oportunidades para la autorreflexión y la discusión en torno al papel de la sustentabilidad, los prejuicios, las políticas públicas y la regulación, el desarrollo profesional, y las limitaciones del conocimiento en la práctica de la ciencia»; y que los programas eficaces de química logran que «Los estudiantes trabajen con problemas que ponen al conocimiento químico en relación con los factores sociales, económicos, políticos, morales y ambientales» (*ibidem*). Todo lo cual no podría lograrse sin la inclusión de contenidos y asignaturas sociohumanísticas dentro de la currícula de las carreras en química.

Por lo que concierne al ámbito nacional, un antecedente relevante en cuanto a la inclusión de asignaturas de carácter sociohumanístico en los planes de carreras tradicionalmente consideradas como técnicas o científicas se dio en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, cuando se creó en ésta, en 1967, la División de Ciencias Sociales y Humanidades (DCSH), que fomentó la inclusión de asignaturas tales como Ética Profesional, Recursos y Necesidades de México, y Cultura y Comunicación. La DCSH continúa operando hoy en día, con la misión de «formar recursos humanos en ingeniería con una formación integral de excelencia académica, con un sentido ecológico, ético y humanista que los compromete a mantenerse actualizados permanentemente, capaces de resolver problemas que corresponden a las necesidades de la sociedad y de impacto en el desarrollo nacional» (DCSH, 2020). En la actualidad, cada estudiante de cualquiera de las 14 carreras que imparte la Facultad de Ingeniería debe cursar 2 asignaturas optativas como mínimo para cubrir 6 créditos de Ciencias Sociales y Humanidades; pudiendo optar entre asignaturas tales como Ciencia, Tecnología y Sociedad, México Nación Multicultural, Seminario Sociohumanístico: Historia y Prospectiva de la Ingeniería, o Seminario Sociohumanístico: Ingeniería y Sustentabilidad (Facultad de Ingeniería, 2005).

Pero más que una mera cuestión de formación cultural, la inclusión de asignaturas sociohumanísticas en los planes de la Facultad de Ingeniería ha sido condición necesaria para que 12 de sus planes cuenten con acreditación internacional. De manera similar, otras escuelas y facultades de ingeniería de otros países han incluido también, por similares motivos, asignaturas sociohumanísticas entre sus planes de estudio. Incluidas, entre las más frecuentes, asignaturas como Sociología, Antropología, Filosofía, Arte, Ética y Valores o Principios Constitucionales (González Ortiz y Villamil Rozo, 2013).

Para comprender este giro sociohumanístico en la enseñanza de las ingenierías, lo que debe destacarse es que desde la década de 1980 se habían diagnosticado en México diversos problemas relacionados con la expansión de la educación superior, la eficiencia interna de sus sistemas, su financiamiento y calidad, y la incorporación de sectores sociales tradicionalmente excluidos de la educación superior. Lo que condujo a que se empezaran a realizar diversas evaluaciones locales por instituciones de educación superior y algunas agrupaciones de profesionistas, que apuntaron hacia diversas medidas para la modernización y la calidad de la educación superior. Ello sirvió como trabajo previo a la acreditación y certificación de profesionistas mexicanos en el marco del Tratado del Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), que entró en vigor el 1º de enero de 1994. El TLCAN exigió a los países participantes mecanismos equivalentes para proporcionar garantías de calidad en el comercio transfronterizo de servicios, incluidos, especialmente, los servicios profesionales. Lo que obligó a México a desarrollar sistemas para la acreditación

de programas educativos, y sistemas para la certificación de profesionales en diversas áreas (Barrón Tirado y Ysunza Breña, 2003; Rodríguez Gómez, 2013). Fue en este contexto que se contempló que en México se modificaran o crearan nuevos planes y programas de estudio, orientados a lograr una formación profesional integral, por medio de la incorporación de asignaturas curriculares sociohumanísticas en los planes de estudio, como parte de los requisitos necesarios para acreditarlos trasnacionalmente, y posibilitar a los egresados mexicanos ejercer sus profesiones en los otros países de la zona del TLCAN. Lo que supuso la necesidad de homologar los porcentajes de asignaturas sociohumanísticas en los programas nacionales, con los de los planes de las carreras acreditadas en esos países.

Para el caso de la Facultad de Química de la UNAM, la historia de la formación sociohumanística en ésta se remonta a sus orígenes mismos como Escuela Nacional de Ciencia Química, en 1916; cuando de un total de 30 asignaturas en sus planes de estudio, cinco de ellas eran asignaturas sociohumanísticas, con títulos como: Conferencias de Moral y Civismo, o Conferencias sobre Geografía e Historia. A las que se podría añadir, además, cinco cursos de idiomas, incluyendo el español o “lengua nacional”.

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Química de los metaloides Física elemental Matemáticas (aritmética, álgebra, geometría) Lengua nacional Conferencias sobre moral y civismo Dos industrias	Química de los metales Física aplicada Botánica y zoología aplicadas Mecánica aplicada Francés Conferencias sobre geografía e historia Dos industrias	Química del carbono Análisis cualitativo Inglés Primer curso de alemán Conferencias sobre higiene industrial Dos industrias	Análisis cuantitativo Mineralogía y geología aplicadas Segundo curso de alemán Contabilidad y economía industriales Conferencias sobre legislación industrial y obrera Dos industrias

ILUSTRACIÓN 1. Plan de estudios de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, 1916.

Ya en décadas más recientes, la Facultad de Química -debe notarse- comparte con la Facultad de Ingeniería retos similares en cuanto la necesidad de cumplir con ciertos estándares para la acreditación de sus carreras a nivel internacional. Lo que supone, entre otras cosas, la inclusión de asignaturas sociohumanísticas, inter y transdisciplinares, en sus planes de estudio. Actualmente, además de Ciencia y Sociedad, la FQ mantiene una oferta de alrededor de 22 asignaturas sociohumanísticas, con un total aproximado de 74 grupos, a cargo de 74 docentes. La gestión de estas asignaturas se halla a cargo de la Coordinación de Asignaturas Sociohumanísticas. Se busca que estas sean asignaturas de carácter interdisciplinarias, o que engloban temas de carácter transversal, con un claro componente de humanidades o ciencias sociales, dirigidas a desarrollar y potenciar las habilidades del estudiantado (particularmente, de las llamadas “habilidades suaves” o sociales), y a complementar su formación, con temas de cultura general que amplíen su visión del mundo, y les lleven a ser *universitarios* en el más cabal de los sentidos del término. Cada una de las seis carreras de la FQ tiene definida una carga de asignaturas sociohumanísticas, que oscilan entre cinco y siete. Dos de éstas son asignaturas obligatorias para todas las carreras, y se imparten durante el primer semestre, como parte del tronco común; éstas son Ciencia y Sociedad y, La Universidad como Espacio Libre de Violencia de

Género. La FQ cuenta actualmente con seis carreras, tres del área de las ingenierías, y tres del área de las ciencias químicas, biológicas y de la salud -cinco de las carreras cuentan con acreditación, la sexta es de reciente creación y no ha sido evaluada a tal efecto-. Son, precisamente, las tres carreras del área de las ingenierías las que cuentan -en función de los antecedentes aquí referidos- con el mayor contenido de asignaturas sociohumanísticas: 8.88% de contenido sociohumanístico, en el caso de la licenciatura en Ingeniería Química. Que es un contenido apreciable, aunque en vías aún de llegar al 12.5% recomendado en las guías y criterios referidos.

El primer programa de Ciencia y Sociedad y el enfoque CTS

En julio del 2004 un grupo de profesores y profesoras de diferentes departamentos académicos de la Facultad de Química (todos con formación técnico-científica), fue convocado por Andoni Garritz para diseñar el programa de lo que sería la asignatura de Ciencia y Sociedad, a partir de una primera versión de propio Garritz y de Cristina Rueda (Rueda, C, 2024). Las primeras reuniones mensuales fueron coordinadas primero por Laura Gasque y posteriormente por Andoni Garritz. En el grupo se eligieron posibles temas particulares que sirvieran para poner de relevancia las relaciones entre la ciencia, la tecnología, y sus efectos en la sociedad; se seleccionaron materiales de lectura y materiales bibliográfico de referencia; se propusieron actividades de enseñanza y evaluación adecuadas al curso; y se inició un proceso de actualización a docentes interesados en impartir la nueva asignatura. En la primera versión grupal de la asignatura, los temas seleccionados fueron: agua, energía nuclear, petróleo, energías renovables, medio ambiente y biotecnología. Como objetivo general para la asignatura se planteó que:

El objetivo general de la asignatura “Ciencia y Sociedad” es preparar a los alumnos de la Facultad de Química para que se transformen en personas que comprendan las dimensiones social y humana de las actividades científicas y tecnológicas, así como sus alcances y posibles consecuencias. Se busca que los alumnos desarrollen una mejor comprensión, actitud y sensibilidad hacia los aspectos culturales, ya sea filosóficos, sociales, históricos, éticos o políticos, así como sobre las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad, con especial énfasis en el estudio de la química, con el fin de que se formen como ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas y razonadas en una sociedad democrática, con guía en la argumentación, la comunicación, el pensamiento crítico y la independencia intelectual (FQ, 2004).

Y entre los objetivos específicos para Ciencia y Sociedad se propuso que el estudiante:

- Enriquezca su visión de la ciencia, en general, y de la química, en lo particular, al analizar su impacto, desarrollo y evolución en la cultura humana a través del estudio de la historia y del análisis de problemas actuales relacionados con la ciencia.
- Fomente la reflexión de las implicaciones sociales y ambientales del desarrollo científico, para analizar sus beneficios y sus riesgos, promover una conciencia ética y tomar una visión global del mismo.
- Analice las relaciones Ciencia-Sociedad a partir de una visión actual desde la misma ciencia y desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia.

- Desarrolle su capacidad de analizar, de plantear, de argumentar, de razonar críticamente y de resolver problemas. Con ello se busca desmitificar ideas, conceptos, categorías, personajes y estereotipos, a través de la presentación de diferentes realidades, su discusión y la concientización de lo que significa interpretar y argumentar.
- Mejore sus habilidades de comunicación (ídem).

Como podrá observarse, conseguir profesores capaces de cubrir adecuadamente un rango tan amplio de objetivos, con la capacidad de transitar confiadamente entre las perspectivas de la tecnología y las ciencias naturales, y entre las de las humanidades y las ciencias sociales, no sería sencillo. Por lo que para lograr los objetivos de la nueva asignatura, sin perder definición ni en el aspecto científico-tecnológico ni en el socio-humanístico, se propuso que cada curso fuese impartido, no por un único profesor frente a grupo, sino por una pareja de profesores con formaciones complementaria: una persona con formación sociohumanística y experiencia en técnicas de comunicación oral y escrita, y una persona con conocimientos técnicos del desarrollo e impacto de la química y ciencias afines.

Durante este proceso, el programa de estudio de la nueva asignatura fue aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Química el 11 de noviembre de 2004, y se propuso la apertura de 18 grupos, para atender a poco menos de 1,200 estudiantes de nuevo ingreso de las cinco carreras que ofrecía entonces la FQ⁶. Ciencia y Sociedad se impartió por vez primera durante el semestre 2006-1, entre agosto y noviembre del 2005. Con lo que se logró establecer por primera vez en la historia de la Facultad de Química una materia que sirviera como plataforma de análisis explícita y obligatoria del impacto de la ciencia en la sociedad contemporánea, bajo una visión y un perfil sociohumanista.

Por otro lado, debe observarse que entre los materiales bibliográficos relevantes que se seleccionaron y se compartieron entre los docentes de aquellos primeros cursos de Ciencia y Sociedad destacaron varios textos y materiales del grupo Argo: un colectivo integrado por profesores y profesoras, principalmente de filosofía y ciencias naturales, que desde la década de 1990 venían trabajando desde Asturias, España, en la renovación pedagógica de la enseñanza de la filosofía, la educación sobre valores y la educación en ciencia y tecnología. Y todo ello explícitamente desde la perspectiva teórica y metodológica de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Similarmente, el primer programa de Ciencia y Sociedad de la FQ destacaba también el empleo de materiales educativos en video explícitamente integrados dentro de la perspectiva CTS, y producidos por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) de España. Esto es, que tanto por sus objetivos, su enfoque general, y los materiales de apoyo didáctico y de lectura seleccionados el programa de Ciencia y Sociedad quedó planteado de pleno y desde su inicio dentro de la perspectiva de los estudios CTS. Pero ¿por qué se eligió dicha propuesta didáctica para la asignatura de Ciencia y Sociedad?

Los estudios CTS (o STS, en inglés), son un campo de estudios inter y transdisciplinario (de ningún modo la mera suma de “ciencia”, “tecnología” y estudios sobre la “sociedad”), con una sólida tradición, que se remonta hasta las décadas de 1960 y 1970, cuando aparecieron trabajos fundamentales, ahora clásicos, para la comprensión de la ciencia y

⁶Que eran: Química, Química en Alimentos, Química Farmacéutico Biológica, Ingeniería Química e Ingeniería Química Metalúrgica, pues la licenciatura en Química e Ingeniería de Materiales empezó a ofertarse apenas en agosto de 2020.

la tecnología en contextos sociales, como los debidos a Ludwik Fleck y Thomas Kuhn⁷. Lo que sentó las bases para que, más adelante, a partir de la década de 1970, surgieran los primeros programas y departamentos universitarios de estudios CTS en universidades de Europa y los EE.UU. En todo caso, debe apreciarse, sin embargo, que los CTS como campo de estudios académicos fueron parte de una mucha más amplia reacción social ante las atrocidades de la II Guerra Mundial, los pánicos nucleares de la Guerra Fría, la represión de los movimientos contraculturales y de oposición a la guerra de Vietnam, y las crisis ambientales que empezaban a generar en aquellos años conciencia ambientalista y movimientos militantes por la defensa del ambiente (Cutcliffe, 2003; Aikenhead, 2005).

Complementariamente, el surgimiento de los estudios CTS puede y debe verse, también, como parte de las nuevas nociones de riesgo e incertidumbre que caracterizaron a la llamada “sociedad del conocimiento”, de la que empezó a hablarse en la década de 1960, al analizarse los cambios experimentados por las sociedades industriales, que parecían transitar -al menos entre las naciones centrales- hacia estructuras económicas y sociales en las que el conocimiento estaba sustituyendo al trabajo, a las materias primas y al capital como fuente fundamentales de la productividad, el crecimiento y las desigualdades sociales. Pero por paradójico que pueda parecer, el aumento del conocimiento científico y tecnológico, y su amplia difusión en estas sociedades postindustriales tuvieron el efecto de acrecentar las percepciones sociales de incertidumbre y fragilidad, al aumentar los niveles de entendimiento científico y, con ello, la conciencia de los riesgos asociados a los sistemas tecnocientíficos. O, dicho de otro modo, que la mayor alfabetización tecnocientífica de las sociedades del conocimiento trajo consigo más incertidumbres e inseguridades (Kruger, 2006), que hacían perentorios nuevos enfoques para comprender y lidias socialmente con esos nuevos riesgos tecnocientíficos emergentes.

Puesto ahora en breve, los estudios CTS parten del supuesto de que no es posible ni adecuado entender las relaciones que guardan entre sí la ciencia, la tecnología y la sociedad si a cada uno de esos ámbitos se le trata de estudiar como si se tratara de una entidad separada y completa en sí misma, independiente de las otras, que establecen relaciones sólo cuando se les suma (Grupo Argo, 1998). En contraste con esta visión dislocada, los estudios CTS sostienen que la práctica científica y los procesos de innovación y desarrollo tecnológicos sólo pueden comprenderse realmente cuando se les entiende como prácticas sociales. Pues es sólo dentro del marco amplio y complejo del fenómeno social (con su historia, política, economía, cultura, moral, etc.) que las prácticas científicas y tecnológicas pueden tener lugar, adquirir sus sentidos y significados, y lograr relevancia y legitimidad, dentro de algún cierto marco de prácticas sociales establecidas y de valoraciones axiológicas socialmente compartidas. O puesto de forma aún más sintética, que la ciencia y la tecnología cobran sentido y relevancia para un determinado grupo en tanto que ellas mismas son formas de acción social; es imposible, en cambio, comprenderlas separadamente de las intenciones, los motivos o los sentimientos (expresados simbólica o lingüísticamente) por el grupo social en el que éstas tienen lugar (Campbell, 1987; Weber, 1997).

Uno de los efectos más relevantes de abordar la ciencia y la tecnología desde este enfoque es que, al hacerlo así, se enfatiza el hecho de que las prácticas científico-

⁷ Así, de Thomas Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (1962), y Ludwik Fleck, *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, que se publicó en alemán en 1935, pero pasó mayormente desapercibido, hasta su traducción al inglés en 1979. Ambos son textos fundacionales tanto para la filosofía y la historia de la ciencia contemporáneas, como para los estudios CTS.

tecnológicas no son comprensibles fuera de algún cierto marco valorativo. Con lo que los estudios CTS ponen en jaque la presuposición de la ciencia y la tecnología como entidades moral y valorativamente neutras. En palabras de Samuel Vanegas: «No se puede hablar de una ciencia 'pura' contaminada por los intereses sociales con los cuales el científico debe lidiar para poder conseguir sus objetivos» (2004: 90). Ello, porque la práctica científica y tecnológica no se realiza *a pesar* de los intereses, motivos y sentimientos de los sujetos sociales, sino que son justamente esos motivos, sentimientos e intereses sociales y extra-científicos los que hacen *precisamente posible*, en primer lugar, las prácticas tecnocientíficas. Esta no-neutralidad de la ciencia puede entenderse en dos sentidos distintos: 1) En el sentido de que, al operar siempre sobre la ciencia factores de orden social, económico, político y hasta cultural, a la ciencia no se les puede comprender a cabalidad sin entender también esos factores sociales; 2) En el sentido que los espacios en los que se hace la ciencia -los "laboratorios", en un sentido muy amplio de término- son espacios de interacción social, en los que los "hechos" científicos se producen y construyen mediante consensos sociales, acuerdos y negociaciones, antes que "descubrirse" como realidad subsistentes previamente recubierta por una velo (Vanegas, 2004).

Por cualquiera de estas vías, el punto al final es que, ni a la ciencia, ni a la tecnología, se les puede entender como ámbitos autónomos, gobernados tan sólo por sus lógicas internas propias; sino que se les debe ver, desde el enfoque CTS, como «...un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no epistémicos o técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de las ideas científicas y los artefactos tecnológicos» (López Cerezo, 2017: 16; Chamizo, 2020). Lo que José Antonio López Cerezo sintetiza en la propuesta de que los estudios CTS se caracterizan por tres ideas eje: (1) Que la ciencia y la tecnología son procesos sociales, conformado por diferentes factores (epistémicos, técnicos, sociales, políticos, económicos, culturales, etc.); (2) Que el cambio científico y tecnológico tiene un papel determinante en la conformación de las formas de vida sociales y en el ordenamiento de las instituciones; y (3) Que, por lo tanto, resulta indispensable «promover la evaluación y el control social de del desarrollo científico-tecnológico» (ídem, p. 18), lo que supone, a su vez, un compromiso democrático y de participación social en la ciencia y la tecnología.

De lo que resulta que, al haberse adoptado el enfoque CTS como marco metodológico y conceptual fundamental de la asignatura de Ciencia y Sociedad, con ello se adoptó también ese compromiso democrático básico de participación social, al que se refería López Cerezo. Lo que da cuenta del hecho de que desde sus inicios se hubiese preferido para la asignatura de Ciencia y Sociedad un énfasis centrado en el trabajo colaborativo del alumnado, encaminado hacia el análisis axiológico de los problemas y sistemas tecnocientíficos y la construcción de conocimientos significativos, antes que un enfoque pedagógico y didáctico expositivo tradicional. La asignatura propone, en cambio, que, por medio de la interacción recíproca, el estudiantado construya consensos, distribuya la autoridad, comparta la responsabilidad sobre sus propios aprendizajes, establezca objetivos de consenso (sean académicos o sociales), y desarrolle, al mismo tiempo, habilidades de aprendizaje, de investigación, de desarrollo personal y de interacción social, útiles no solo en el ámbito escolar, sino para el futuro ejercicio de sus profesiones y para la vida en general (Sobes y Vilches, 2000; Revelo-Sánchez, Collazos-Ordoñez y Jiménez-Toledo, 2018).

Tenemos entonces que desde sus inicios y en lo concreto la asignatura de Ciencia y Sociedad ha buscado promover entre su claustro dinámicas y actividades tendientes a fomentar el trabajo colaborativo. Entre las que se encuentran: discusión y debate grupal de lecturas, películas y videos; creación colaborativa de mapas mentales o semánticos; cuadros sinópticos o comparativos, asistidos con el uso de plataformas digitales (Jamboard, Padlet); discusión en grupos a partir de preguntas detonadoras; problematización de la lectura a través de casos concretos; análisis de temas de actualidad en periódicos, redes digitales; discusión de noticias sobre innovaciones tecnológicas y avances científicos; notas sobre impactos ambientales, o temas relacionados con la distribución inequitativa de recursos y derechos entre grupos minoritarios o sojuzgados (mujeres, indígenas, personas en situación de pobreza o vulnerabilidad ambiental, etc.); y exposiciones cortas en equipos, como las realizadas, por ejemplo, por medio de la técnica de presentaciones cortas, conocida como “Pechakucha” (Orrantia, 2021). Asimismo, el programa de la asignatura y el claustro de Ciencia y Sociedad también han promovido estrategias didácticas participativas más elaboradas, tales como análisis de casos CTS desde una perspectiva sistémica, en los que se identifiquen los actores involucrados (personas, instituciones, comunidades científicas, corporaciones, etc.) y sus redes de intereses. Todo ello con el fin de llegar a evaluaciones axiológicas complejas por parte del estudiantado, con posibilidades de emplearse en presentaciones orales o en debates públicos. Y los debates públicos grupales sobre estudios de caso específicos han sido, de hecho, una de las estrategias didácticas integradoras más utilizadas por las profesoras y profesores de Ciencia y Sociedad; con estos debates generalmente utilizados a modo de actividad final para el curso, y organizados con modelos de debate tales como los empleados por la ONU o por el Senado, con el grupo dividido en equipos que toman el rol de alguno de los actores involucrados o afectados en el caso discutido, y moderados por los propios estudiantes. Que son quienes toman también, al final, la decisión en cuanto al mejor curso de acción posible, a partir de los datos y argumentos presentados por los diversos equipos participantes (Bernal, Sánchez y Núñez, 2017).

Todo esto considerado, resulta fácil entender que desde las primeras reuniones de retroalimentación que se organizaron entre los docentes de Ciencia y Sociedad tras impartir el curso se llegara al comentario generalizado de que esta era una materia diferente a las otras sociohumanísticas impartidas en la Facultad de Química. Pues además de ser una asignatura que demandaba formas de trabajo que propiciaran el involucramiento activo del estudiantado, y que se prestaba con facilidad para actividades diferentes a las usuales en las aulas de la FQ (como proyecciones en video, debates grupales, escenificaciones teatrales o actividades lúdicas), pronto se hizo claro que ésta requería por parte de los docentes de un conjunto de habilidades y actitudes características, con una sólida formación científica y técnica, pero también con una dominio pleno de conocimientos y habilidades de las áreas sociohumanísticas, destacando particularmente las provenientes de la filosofía y la ética. Lo que vino a validar y a afianzar el diseño de la asignatura como una materia que tendría que necesariamente tendría que ser impartida por parejas de docentes, con un o una docente formada en el área técnico-científica, y otra con formación o especialización sociohumanística, siendo la maestría o doctorado en filosofía de la ciencia uno de los perfiles profesiográficos que se han mostrado más adecuados para docentes de Ciencia y Sociedad.

Y con el pasar del tiempo, y gracias al trabajo colegiado (Garritz, 2007), la nueva asignatura consiguió afianzarse, y ha podido mantener el paso a los nuevos escenarios sociales, culturales y políticos emergentes, habiendo logrado depurarse y actualizarse, en un proceso que tuvo su punto de mayor relevancia en la revisión que llevó al nuevo programa de estudios de 2021 (Facultad de Química).

El nuevo programa de Ciencia y Sociedad del 2021

Es por demás claro que en el tiempo transcurrido entre el primer programa de Ciencia y Sociedad del 2005 y el programa revisado del 2021 ocurrieron muchos hechos relevantes: desde cambios y ajustes políticos en México y en el mundo, la crisis de las hipotecas del 2008, o la invasión rusa a Ucrania en el 2022 y la consecuente crisis energética y económica que ello desató, sin olvidar, por supuesto, la pandemia del COVID-19, iniciada a finales del 2019. Por su parte, México atravesó por sus propias crisis locales, como la debida al sismo de septiembre del 2017, que golpeó a diversas zonas del país. Y a todo ello habría que agregar cambios de gran calado, al nivel no tanto de la política o de las catástrofes naturales o humanas, sino de las prácticas sociales y culturales. Así, los movimientos feministas, con sus reivindicaciones por en contra de la violencia de género y en pro de la equidad, devinieron en actores sociales fundamentales durante este periodo. Como también se volvieron actores destacados, aunque no siempre por las mejores razones, las redes sociales y las aplicaciones de inteligencia artificial, con su potencial tanto para generar recursos y herramientas socialmente valiosos, como para alterar la verdad, y promover la difusión viral de noticias falsas, campañas antivacunas, discursos de odio, y engaños de toda índole.

La asignatura de Ciencia y Sociedad no podía quedarse, por supuesto, sin responder ante estas nuevas circunstancias y escenarios, y, en particular, no podía fallar en incorporar la mirada de los estudios de género a la consideración social en torno a la ciencia y la tecnología. Fue así que durante el confinamiento a raíz de la pandemia, los profesores y profesoras de la asignatura se dieron a la tarea de revisar y adecuar contenidos, en tanto que especialistas en estudios de género asesoraron al claustro de la materia y a la Coordinación de Sociohumanísticas en cuanto a maneras adecuadas para incorporar los temas de género al programa. El resultado de tales esfuerzos podría lucir, a primera vista, no demasiado diferente del programa del 2005. Así, por ejemplo, la enunciación del objetivo general del programa revisado de Ciencia y Sociedad del 2021 no se aparta en lo fundamental del programa anterior, salvo por la inclusión expresa de la perspectiva de género. Se señala así que la asignatura se propone:

Hacer que el estudiantado reconozca que la Ciencia y la Tecnología se desarrollan en un entorno social y contribuir a la formación de ciudadanía que tome decisiones razonadas, bajo un enfoque crítico. A partir de la introducción de ejes de análisis para el abordaje de las problemáticas que plantea el estudio de la ciencia, la tecnología, la sociedad y los valores, se pretende la construcción de módulos de trabajo que permitan la elaboración de conceptos, la discusión de problemas de investigación alrededor de temáticas particulares. Es decir, con una base conceptual epistemológica, histórica y sociológica sólida, se pretende desarrollar en el estudiantado las habilidades y los conocimientos necesarios para el análisis de los casos diversos, considerando como prioritaria la incorporación de perspectivas sociales, económicas, políticas, éticas, de género y de desarrollo sustentable, sin perder de vista que ello permitirá un ejercicio de su profesión enfocado a la resolución de problemas vinculados a las actividades científicas y químicas en particular (FQ, 2021).

Las diferencias, empero, se hacen más patentes en los objetivos específicos del programa. Los que vale la pena citar completos. Se pretende así que tras cursar la asignatura de Ciencia y Sociedad el estudiantado:

- a) Reconozca la diferencia entre el conocimiento científico, otros tipos de conocimiento, así como sus diversas implicaciones.
- b) Conozca cómo se construyen las teorías científicas, así como las posturas críticas vinculadas; cómo funcionan y se estructuran las comunidades científicas y se plantean los problemas de investigación a partir de enfoques integrales contemporáneos.
- c) Reconozca el contexto histórico del desarrollo de la ciencia y la tecnología moderna y contemporánea, así como su profesionalización.
- d) Identifique cómo se organizan, validan y sustentan las prácticas científicas actualmente. Analizar la controversia como inherente a la construcción de conocimiento.
- e) Desarrolle habilidades que le permitan abordar el trabajo inter, multi y transdisciplinario para resolver los problemas intrínsecos a las prácticas científicas y tecnológicas, particularmente en el área química. Se fomentará la interacción y reconocimiento de la fortaleza que brinda trabajar de manera conjunta entre las distintas carreras de la Facultad de Química.
- f) Conozca el impacto y las implicaciones de las prácticas científicas, así como la influencia de la sociedad y el entorno en dichas prácticas, incluida la perspectiva de género.
- g) Desarrolle habilidades en el manejo de herramientas básicas: lectura (español e inglés); redacción y síntesis; estructura y análisis argumentativo para el debate, orientándolo hacia la argumentación lógica, científica y discursiva; razonamiento científico, interdisciplinario, etcétera.
- h) Orientación complementaria para hablar en público y presentar eficazmente información relativa a los asuntos sobre ciencia, tecnología y sociedad relevante a la divulgación interna tipo CTS. (Ídem).

Con lo que, de manera muy concisa, puede adelantarse la observación de que entre el programa de 2005 y el 2021 destacan como diferencias más notables las siguientes: (1) Un mayor énfasis en estudiar y discutir de manera crítica los procesos de construcción y validación del conocimiento científico; (2) Mayor énfasis en la consideración de la historia y la sociología de la ciencia y la tecnología, como contexto para comprender y apreciar el carácter de ambas prácticas como construcciones sociales; (3) Señalamiento expreso de las controversias científicas como *locus ideal* para el estudio de los procesos de cambio científico; (4) Señalamiento expreso a los procesos de institucionalización y profesionalización de la ciencia como temas relevantes para estudiar el carácter social de ésta; (5) Mención expresa al desarrollo de las habilidades para la multi, inter y transdisciplina como objetivo específico del programa; y, por supuesto, (6) Inclusión expresa de la perspectiva de género como uno de los ejes del programa.

Para dotar de un orden secuencial a estos diversos temas y objetivos de estudio, el programa plantea cinco unidades temáticas. Las que, por supuesto, no deben verse como taxativamente secuenciales, pues entre una y otra hay tanto solapamientos y traslapos, como también temas que atraviesan transversalmente todas las unidades del programa. Las unidades temáticas en cuestión son:

- Unidad 1. Identificación y construcción del conocimiento científico.
- Unidad 2. Historia e impacto social de la ciencia: Educación CTS.
- Unidad 3. Ética y valores en la ciencia y la tecnología.
- Unidad 4. El pensamiento ambientalista.
- Unidad 5. Perspectiva de género en Ciencia y Tecnología.

Por lo que respecta a la primera unidad temática del curso, ésta se funda sobre el supuesto de que la ciencia no es un conjunto de conocimientos, sino que se trata, ante todo, de una *actividad social*. De ahí que entender la ciencia supone entender cómo es que la ciencia se genera, se revisa, se valida o se invalida, para generar conocimientos que tienden a gozar de consenso entre comunidades expertas, que, sin dejar de ser expertas, se hallan abiertas también, sin embargo, a influencias y sesgos, como cualquier otro grupo humano. Asimismo, en esta primera unidad se da también por supuesto que si bien el conocimiento científico es el tipo de conocimiento más refinado y fiable con el que contamos, este no es necesariamente el único conocimiento válido en cualquier contexto; siendo el científico, en todo caso, un conocimiento siempre en proceso de construcción y revisión, en busca de generar consensos entre comunidades científicas que tienden a discrepar entre sí -a veces de maneras radicales-, con mayor frecuencia de lo que generalmente se acepta (Vázquez-Alonso et al 2007, Trejo Candelas et al, 2021).

Esta visión CTS de la ciencia difiere así, notablemente, de la imagen convencional, según la cual la historia de la ciencia es una historia de grandes hazañas y descubrimientos, por parte de héroes científicos monumentales. Una historia de grandes montañas, como Newton o Einstein (Collins y Pinch, 1998). Pero, desde la perspectiva CTS, lo que se estudia no es el conocimiento científico ya completo, consensuado y estabilizado, sino el conocimiento en construcción aún, en estado imperfecto, incompleto, debatido e inestable: la “ciencia en acción”, como refiere a esto Bruno Latour (1987). La ciencia desde la visión CTS que se explora en esta primera unidad del programa no es entonces ni neutra, ni infalible, ni impolutamente objetiva, ni se presenta como una “caja negra” en la que los procesos de estabilización y consolidación del conocimiento científico quedan fuera de la vista (Vanegas, 2004), sino que a la práctica científica se la considera, en cambio, como una serie de procesos de negociación entre investigadores y comunidades científicas, cuyo mejor resultado posible es, precisamente, la estabilización de la “verdad” por medio de la producción (que no el “descubrimiento”) de los hechos científico. Esto, en un juego de negociaciones, en los que los agentes “externos” a la ciencia, con sus intereses que van más allá de lo epistémico o lo técnico (esto es, los grupos e instituciones que financian, difunden, regulan o atacan a la ciencia), influyen también en el tipo de hechos a los que la ciencia arriba (Nowotny, 2005).

La dinámica de las discusiones establecida en la primera unidad del curso conduce, naturalmente, hacia los temas de la segunda unidad; centrada ésta en los aspectos históricos e institucionales de la actividad científica y tecnológica. Particularmente, en esta segunda unidad se plantea una visión historicista de la cultura científica, que contrasta con la visión positivista de la ciencia a la que refiere Javier Ordóñez (2003). Pues mientras que desde la visión positivista la ciencia se presenta como fundamentalmente ahistórica, como un saber que siempre ha sido confiable y completo, en la visión historicista CTS la ciencia se ve como un saber en construcción, moviéndose siempre entre grados de incertidumbre, en ocasiones extremos. Pero esta visión CTS ve la historia de la ciencia y la tecnología, además, como un relato complejo y multifacético, en el que los científicos e inventores no son los actores únicos de la historia, sino en la que también se reconoce y recupera el papel de actores aparentemente ajenos a la ciencia en una primera consideración, y se recupera, muy especialmente, los variados y centrales papeles que las mujeres han tenido en la historia de la ciencia y la tecnología, sin contar casi nunca con un reconocimiento justo a su labor. La historia CTS es entonces una historia de grupos que regularmente han quedado marginados en la historia de la ciencia, pero también es una historia de los procesos de institucionalización de la ciencia, de la especialización de las disciplinas, de las diversas formas en que la ciencia y la tecnología se han promovido y financiado, de las distintas ideas y prácticas para la educación y la divulgación de la ciencia, y de los procesos que llevaron a desde la segunda mitad del siglo XIX la cultura científica quedara aislada y separada de la cultura humanística, en lo que se conoce como el problema de las “dos culturas” (Snow, 1959).

La tercera unidad del curso se ocupa, por su parte, de los fundamentos éticos que tendrían que acompañar a las actividades científicas y tecnológicas (Bello Garcés, 2011). En particular, a la química se la caracteriza aquí como un conjunto de prácticas de transformación de las sustancias, que tienen posibilidades de usos múltiples: tanto para fines moralmente loables o aceptables, como para fines inaceptables en términos morales. Química para la elaboración de fármacos, materiales y agroquímicos, que permiten una mejor calidad de vida para las personas; pero química también para la elaboración de armas químicas o drogas sintéticas, que dañan a las personas; así como química hecha, en principio, por buenos motivos, pero con torpeza y resultados inaceptables en su ejecución (contaminación química, aditivos alimentarios no seguros, desastres mineros y petroleros, etc.). Si bien hay casos muy claros de uso dual de sustancias (por ejemplo, fijación de nitrógeno para fertilizantes, o para bombas; uso de fentanilo para medicina, o para dañar la conciencia), frecuentemente el costo/beneficio de la transformación de las sustancias no es tan evidente, por lo que hay que construir análisis valóricos fundamentados, que devuelen las posturas éticas de personas y actores sociales implicados en la transformación y uso de sustancias; tablas valóricas que cambian con el tiempo y las evidencias, y fundamentos bajo los cuales aplica (o no) un principio precautorio (Trejo Candelas et al, 2021).

De ahí entonces que para una discusión informada, racional y productiva sobre la ética de la ciencia y la tecnología sea preciso recuperar no solo elementos básicos de la ética en general, sino distinguir también entre los fundamentos éticos de los usos adecuados (benéfico para la sociedad y el entorno natural) y los inadecuados (dañino para la sociedad y el entorno natural) de la ciencia y la tecnología; distinguiendo también entre las consecuencias deseadas y las no deseadas; entre los efectos previsibles y evitables, y los efectos imprevisibles e inevitables; y entre las condiciones para que ciertos daños y efectos

nocivos pudiesen resultar moralmente aceptables -o no-, en momentos y circunstancias concretas. Todo esto yendo más allá, en todo caso, de la formulación simplista de la ya comentada tesis de la neutralidad de la ciencia y la tecnología. Pues lo que hace que una intervención tecnocientífica sea aceptable o inaceptable en términos éticos no son solo las intenciones de sus usuarios finales, sino también, y sobre todo, las intencionalidades tras su concepción, diseño e implementación. Pues los artefactos y sistemas tecnocientíficos no pueden entenderse sino como sistemas de acciones intencionales (Olivé, 2000), que no pueden explicarse sin considerar las intenciones que les dieron origen en primera instancia. De todo lo cual se desprende que la ética científica no sea la ética del común de los ciudadanos y ciudadanas aplicada a la ciencia, sino que se trata de una ética con mayores exigencias de rigor y vigilancia. Pues si es verdad que el conocimiento es poder -como lo expresara Francis Bacon-, si el conocimiento científico es el mejor conocimiento del que disponemos, y si un gran poder conlleva una gran responsabilidad, en tal caso el poder que otorga el poseer el conocimiento de la ciencia implica una gran responsabilidad por parte de las personas que poseen el poder de la ciencia y la tecnología.

La cuarta unidad del curso destaca la responsabilidad que tienen las carreras de la química en la procuración de un ambiente sano, de cara al desarrollo sustentable. Es una unidad que articula lo visto en las unidades anteriores, desde una postura crítica. Y en la que, además de trabajar con información dura que hace patente la crisis ambiental, se estructura una discusión que evidencia una crisis civilizatoria como el vector fundamental de los impactos negativos que están afectando actualmente al ambiente. Se resalta aquí, además, el hecho que existen opciones viables de salida a esta serie de crisis ambientales, y se refuerza la idea que las disciplinas de la química son la mayor relevancia para aportar soluciones ante tales desafíos. Es en esta unidad en que las parejas docentes suelen organizar y llevar a cabo los debates grupales en torno a conflictos socioambientales de actualidad, con asignación de roles, que, como comentábamos más atrás, constituyen una de las estrategias didácticas más características y más eficaces de la asignatura de Ciencia y Sociedad desde su implementación.

Es también en esta cuarta unidad cuando aparece, de manera prominente, el concepto de "riesgo", como una entidad distinta al peligro o a la amenaza, y como un constructo que implica amplios rangos de incertidumbre con respecto a posibles resultados indeseables, y que tiende a generar decisiones y acciones racionales y premeditadas en el mejor de los casos, a partir de la racionalización y la cuantificación del azar y la incertidumbre, con cálculos racionales para la toma de decisiones (Núñez Castro, 1998). Ocurre, sin embargo, en cuestiones de riesgos, que el "mejor de los casos" no siempre es el caso pues las percepciones de riesgo poseen componentes fuertemente emocionales, que las hacen proclives a la sobre o a la subestimación, a los prejuicios y sesgos cognitivos, y a los discursos de pánico, las *fake news* y las teorías de la conspiración. De modo que comprender cómo es que las sociedades ubican y gestionan los riesgos asociados a las intervenciones tecnocientíficas implica no solo entender su análisis y gestión racionales, sino también comprender las reacciones emocionales y los discursos engañosos tejidos alrededor de las percepciones de riesgo.

Del riesgo y su posible gestión, se pasa, en esta unidad final, a los conceptos relativos al desarrollo sustentable. El que, a semejanza del riesgo, implica la valoración de imponderables y resultados inciertos a mediano y largo plazo, entre redes de intereses sociales, políticos y económicos frecuentemente encontrados y contradictorios. Con lo que

se establece una suerte de tensión esencial, y muy difícilmente conciliable a satisfacción de todas las partes, entre compromisos e imperativos de crecimiento económico, equidad social, justicia distributiva y retributiva, y mandatos de orden ético en pro de la conservación de la riqueza y la belleza de los ambientes naturales. Estas tensiones resultan finalmente ineludibles, y dependiendo de cómo se les pretenda abordarla, tendremos entonces diferentes modelos posibles de desarrollo sostenible: desde algunos que aspiran a conservar el *status quo* y son abiertamente proempresariales, hasta otros que tienen el interés central de mantener intocados los escenarios naturales, son altamente localista, y tienden a establecer alianzas con movimientos indígenas, autonomistas y anarquistas. Todo ello, desde luego, con una gran variedad de propuestas eclécticas o intermedias (Hopwood, et al, 2005).

De modo que más que hablar de “desarrollo sustentable”, la unidad lleva a considerar las muchas diferentes posturas que se pueden tomar al respecto, y a considerar, asimismo, que las decisiones en cuanto al tipo de desarrollo sustentable al que aspira una sociedad son producto no sólo de decisiones técnicas y científicas neutrales y objetivas, sino también, y sobre todo, de negociaciones y acuerdos sociales, económicos y políticos (Funtowicks y Ravetz, 2000). Y aunque la ciencia y la tecnología tienen evidente e innegable impacto en las decisiones de política pública y empresarial en materia de sustentabilidad, al final la función de éstas es más la de generar valoraciones y posibles soluciones, antes que la de tomar decisiones. Siendo necesario, por tanto, entender cómo y dónde los riesgos se evalúan y se sopesan, y en dónde -esto es, desde qué *lugar social*- se plantean efectivamente las posibles rutas de acción, y se toman las decisiones. Todo esto de cara no solo a entender el tamaño de nuestras actuales crisis medioambientales y entender los posibles riesgos asociados con estas, sino para poder entender los escenarios viables en estos momentos para atajar la crisis medioambiental y, particularmente, el fenómeno del cambio climático antropogénico, y para, eventualmente, vislumbrar nuevas rutas para un desarrollo sustentable, justo no solo con la naturaleza, sino también y sobre todo con los grupos humanos que tradicionalmente han permanecido en las márgenes, privados mayormente de los beneficios de la ciencia y la tecnología.

La quinta unidad del curso es la adición más reciente al anterior programa del 2005, y su creación obedece al necesario reconocimiento y reflexión que desde la academia debe hacerse sobre el hecho de que los sesgos e inequidades de género han tenido (y siguen teniendo) un lamentable peso sobre el ejercicio de la actividad científica y tecnológica. Es un eje articulador del debate, dirigido a reconocer, primeramente, las brechas de género que han existido y existen aún en la práctica científica, para a partir de este reconocimiento estructurar posibles soluciones, que abonen a cerrar dichas brechas, y a lograr la equidad de género en la ciencia y la tecnología. La unidad 5 del curso busca, además, poner en discusión el hecho de que detrás de las posturas hegemónicas del saber científico, y de las inequidades epistémicas entre comunidades científicas, opera una lógica estructural, que en muchos sentidos replica o se asemeja al menos a esas lógicas de la inequidad que a lo largo de la historia han sometido a lo femenino bajo el yugo de lo masculino. Esto es, que en el curso se exploran también los sesgos sistémicos de género y las actitudes machistas de la propia ciencia. Ello al tiempo que se rescata y reivindica la historia de las mujeres en la construcción de la cultura científica, su lucha contra las inequidades y el modo como en la actualidad se busca estructurar otra realidad que activamente desestructure mecanismos opresores.

Conclusión

Quienes hemos colaborado en este texto esperamos haber sido capaces de mostrar que la asignatura de Ciencia y Sociedad no solo cumple la función de cubrir un requisito institucional de acreditación para las carreras de la Facultad de Química, la de proporcionar un cierto superficial barniz de humanismo a la ardua formación en ciencias exactas de las carreras en química, o la de servir como una suerte de taller de lectura, redacción y expresión oral. Esperamos, por el contrario, haber mostrado convincentemente que Ciencia y Sociedad cumple con una función prominente en la formación del estudiantado de la FQ al servir no como un curso *de ciencia*, sino como un curso *sobre ciencia*, en el que se analiza y cuestiona crítica y racionalmente la naturaleza misma del saber científico, sus fundamentos, posibilidades y límites; y se plantean muchas de esas preguntas que, siendo pertinentes, muy raramente llegan a plantearse en cualquiera otra clase de ciencias: ¿Quién paga por la ciencia? ¿Cómo o quién decide qué es lo que se investiga, y con qué fines? ¿Realmente la ciencia y la tecnología son siempre buenas y deseables? ¿Qué tendría que ver la ciencia y la tecnología con las desigualdades e inequidades sociales, o cómo podría contribuir eficazmente para superar estas? ¿Existe realmente la equidad de género en las instituciones y la actividad científica? ¿Cómo lograrla, si no? El curso de Ciencia y Sociedad ofrece -particularmente en su versión más reciente- un conjunto potencial de respuestas posibles ante estas y ante muchas otras cuestiones pertinentes sobre las relaciones entre los saberes científicos, la tecnología y la sociedad. Pero, como debería ocurrir en todo curso universitario, al final las respuestas ofrecidas no cuentan tanto como las preguntas y las dudas planteadas para los fines de incentivar la curiosidad y el deseo de aprender en el estudiantado. A los profesores y profesoras del claustro de Ciencia y Sociedad no nos queda sino reiterar nuestra disposición y continuar dando nuestro mejor esfuerzo en esto que, más que una mera asignatura escolar, nos parece un verdadero compromiso con la educación, y con un futuro justo, equitativo y sustentable para todas las personas. Y mientras, estamos ya considerando los cambios, adiciones y adecuaciones para la futura nueva versión del programa.

Referencias

- American Chemical Society. (2023). *2023 ACS guidelines for undergraduate chemistry programs.* https://drive.google.com/file/d/10HMPsGv9yHIWX_pKdomzHkAXFOK34POL/view
- Aikenhead, G. (2005). Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): Una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 304-315. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.2.66121>
- Barrón Tirado, C., y Ysunza Breña, M. (2003). Currículum y formación profesional. En Ángel Díaz-Barriga (Ed.), *La investigación curricular en México: La década de los noventa* (Cap. 3, pp. 125-164). Consejo Mexicano de Investigación Educativa & Centro de Estudios sobre la Universidad, UNAM.
- Bernal Pérez, R. J., Sánchez-Graillet, L., y Núñez, J. (2017). Análisis del caso "Mina Caballo Blanco, Alto Lucero, Veracruz" como una estrategia de integración axiológica en la enseñanza de la química desde un enfoque CTS. En *52º Congreso Mexicano de Química/36º Congreso Nacional de Educación Química* (pp. 1-9). Puerto Vallarta, México.

Bello Garcés, S. (2011). La ética en el salón de clases de ciencia y tecnología: Un nuevo enfoque de la enseñanza y el aprendizaje. *Educación Química*, 22(3), 277-280. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30145-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30145-9)

Campbell, T. (1992). *Siete teorías de la sociedad*. Cátedra.

Chamizo, J. A. (2020). La no neutralidad de la química vista desde la historia. *Educación Química*, 31(4), 156-166. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.4.76580>

Collins, H., y Pinch, T. (1996). *El gólem: Lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*. Crítica.

Cutcliffe, S. H. (2003). Ideas, máquinas y valores: Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad. Anthropos Editorial.

División de Ciencias Sociales y Humanidades (DCSH) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. (2020). *Plan de desarrollo 2019-2023*. Facultad de Ingeniería, UNAM.

Facultad de Ingeniería, UNAM. (2005). *Plan y programas de estudio de la licenciatura de ingeniería mecánica*. Tomo I.

Facultad de Química, UNAM. (2004). *Proyecto de modificación del plan y programas de estudio de la licenciatura en ingeniería química*. Tomo I.

Facultad de Química. (2021). *Programa de la asignatura*. https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2022/10/1112-Ciencia-y-Sociedad_-CienciayGenero_20210215-IQ.pdf

Funtowicz, S. O., y Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia posnormal: Ciencia con la gente*. Icaria Editorial.

Garritz, A. (2007). Análisis del conocimiento pedagógico del curso “Ciencia y Sociedad” a nivel universitario. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 226-246. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007:v4.i2.02

González Ortiz, O., y Villamil Rozo, M. E. (2013). *Introducción a la ingeniería: Una perspectiva desde el currículo en la formación del ingeniero*. Ecoe Ediciones.

Grupo ARGO. (n.d.). ¿Qué es CTS? Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14421697/41-que-es-cts-42-las-relaciones-entre-grupo-argo> el 29 de noviembre de 2023.

Hopwood, B., Mellor, M., y O'Brien, G. (2005). Sustainable development: Mapping different approaches. *Sustainable Development*, 13, 38-52. <https://doi.org/10.1002/sd.244>

Kruger, K. (2006). El concepto de sociedad del conocimiento. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 11. <https://doi.org/10.1344/b3w.11.2006.25676>

Latour, B. (1992). *La ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Labor.

Lemelson Foundation. (2020). *The Engineering for One Planet framework: Essential learning outcomes for engineering education*. Recuperado de https://engineeringforoneplanet.org/wp-content/uploads/eop_engineering-for-one-planet_framework.pdf el 11 de septiembre de 2024.

López Cerezo, J. A. (2017). *Ciencia, tecnología y sociedad*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Nowotny, H. (2003). The changing nature of public science. En H. Nowotny et al. (Coord.), *The public nature of science under assault* (pp. 1-15). Springer.

Núñez Castro, A. M. (2011). Riesgo e incertidumbre en las sociedades tecnológicas complejas: Otra mirada sobre la energía nuclear. *Cuadernos del Ateneo*, 30, 44-56. <https://www.ateneodelalaguna.com/revista/pdf/ateneo30/riesgo.pdf>

Olivé, L. (2004). *El Bien, el Mal y la Razón*. Paidós.

Ordóñez, J. (2003). *Ciencia, tecnología e historia*. FCE, ITESM.

Orrantia Cavazos, J. R. [José Ramón Orrantia Cavazos]. (n.d.). ¿Cómo hacer una presentación Pechakucha? [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=yzi6uSyLg44&t=5s>

Revelo-Sánchez, O., Collazos-Ordóñez, C. A., y Jiménez-Toledo, J. A. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: Una revisión sistemática de literatura. *Tecno Lógicas*, 21(41), 115-134. <https://doi.org/10.22430/22565337.731>

Rodríguez Gómez, R. (2013). El TLCAN y las profesiones: Un estado de la cuestión. *Revista de la Educación Superior*, 42(3-4), 197-223. http://publicaciones.anuies.mx/pdfs/revista/Revista167_S2A4ES.pdf

Rueda, C. (2005). La dimensión ciencia-tecnología-sociedad en la educación de México: Antecedentes, estado actual y perspectivas. *Educación Química*, 16(3), 442-449. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66107>

Rueda, C. (2024). Comunicación personal.

Snow, C. P. (1959). *Las dos culturas*.

Sobes, J., y Vilches, A. (2000). La introducción de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución. *Educación Química*, 11(4), 387-394. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.4.66432>

Stephan, K. D. (2001). All this and engineering too: History of accreditation requirements for nontechnical curriculum content in US engineering education 1933-2000. En *Proceedings International Symposium on Technology and Society* (pp. 155-161). Stamford, CT, USA. <https://doi.org/10.1109/ISTAS.2001.937733>

Trejo Candelas, L. T., Cavazos, J. R. O., Graillet, L. A. S., y Pérez, R. J. B. (2021). Importancia de Mario Molina en la educación en la Facultad de Química, UNAM. *Educación Química*, 32(4), 27. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.4.80330>

UNESCO. (1998). *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior*. París: UNESCO.

Vanegas Mahecha, S. (2004). Una mirada a través de la noción de riesgo. *Universitas Humanística*, 57, 83-93. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.

Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Acevedo-Díaz, J. A., y Acevedo-Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: La ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 11(1), 38-55. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2007.1.65976>

Weber, M. (1997). *Ensayos sobre metodología sociológica*. Amorrortu Editores.