



C/S REVISTA
IBERO
AMERICANA

DE

CIENCIA,
TECNOLOGÍA
Y SOCIEDAD

41

junio 2019

volumen 14

**REVISTA IBEROAMERICANA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y SOCIEDAD**



Dirección

Mario Albornoz (Centro Redes, Argentina)
José Antonio López Cerezo (Universidad de Oviedo, España)
Miguel Ángel Quintanilla (Universidad de Salamanca, España)

Coordinación Editorial

Juan Carlos Toscano (OEI)

Consejo Editorial

Fernando Broncano (Universidad Carlos III, España), Rosalba Casas (UNAM, México), Ana María Cuevas (Universidad de Salamanca, España), Javier Echeverría (CSIC, España), Hernán Jaramillo (Universidad del Rosario, Colombia), Diego Lawler (Centro REDES, Argentina), José Luis Luján (Universidad de las Islas Baleares, España), Bruno Maltrás (Universidad de Salamanca, España), Emilio Muñoz (CSIC, España), Jorge Núñez Jover (Universidad de La Habana, Cuba), Eulalia Pérez Sedeño (CSIC, España), Carmelo Polino (Centro REDES, Argentina), Fernando Porta (Centro REDES, Argentina), María Lourdes Rodrigues (ISCTE, Portugal), Francisco Sagasti (Agenda Perú), José Manuel Sánchez Ron (Universidad Autónoma de Madrid, España), Judith Sutz (Universidad de la República, Uruguay), Jesús Vega (Universidad Autónoma de Madrid, España), Carlos Vogt (Unicamp, Brasil)

Secretario Editorial

Manuel Crespo

Diseño y diagramación

Jorge Abot y Florencia Abot Glenz

Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS

Secretaría Editorial - Centro REDES

Avda. Pueyrredón 538, 2° piso "C" – 2° Cuerpo
(C1032ABS) – Buenos Aires, Argentina
Tel./Fax: (54 11) 4963-7878/8811
Correo electrónico: secretaria@revistacts.net - revistacts@gmail.com

Edición cuatrimestral

ISSN online: 1850-0013

Volumen 14 - Número 41

Junio de 2019

CTS es una publicación académica del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Publica trabajos originales e inéditos que abordan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, desde una perspectiva plural e interdisciplinaria y con una mirada iberoamericana. *CTS* está abierta a diversos enfoques relevantes para este campo: política y gestión del conocimiento, sociología de la ciencia y la tecnología, filosofía de la ciencia y la tecnología, economía de la innovación y el cambio tecnológico, aspectos éticos de la investigación en ciencia y tecnología, sociedad del conocimiento, cultura científica y percepción pública de la ciencia, educación superior, entre otros. Su objetivo es promover la reflexión y ampliar los debates en su campo hacia académicos, expertos, funcionarios y público interesado.

CTS está incluida en:

Dialnet
EBSCO (Fuente Académica Plus)
International Bibliography of the Social Sciences (IBSS)
Latindex
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe (REDALYC)
SciELO
Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB)
European Reference Index for the Humanities and Social Sciences (ERIH PLUS)

CTS forma parte de la colección del Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas y cuenta con el Sello de Calidad de Revistas Científicas Españolas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).



Los números de *CTS* y sus artículos individuales están bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.



REVISTA IBEROAMERICANA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Índice

Editorial 5

Artículos

**Las ciencias sociales en América Latina desde las trayectorias
y las experiencias científicas de sus investigadores** 3

César Guzmán Tovar 9

**A perspectiva CTS e a formação docente na visão
de professores da educação básica brasileira** 41

João Paulo Fernandes e Guaracira Gouvêa

**¿Qué factores influyen en la construcción de ciudades inteligentes?
Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países** 71

María Verónica Alderete

**Innovación tecnológica en la cadena de producción de ropa en Argentina:
cuando las apariencias engañan** 91

Gustavo Ludmer

Dossier

Presentación: Ingeniería y sociedad digital 123

Juan Carlos Toscano y José Antonio López Cerezo

Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas 129

Judith Sutz

	Ingenierías, sociedades digitales e infoesfera. Una interpretación de la filosofía y la ética de la información de Luciano Floridi	149
	Lola S. Almendros y Javier Echeverría	
	Rompendo paradigmas na educação em engenharia	169
	Walter Antonio Bazzo e Luiz Teixeira do Vale Pereira	
	Ingenieros del Antropoceno digital: la enseñanza de las ingenierías en una época incierta	185
	José Manuel de Cózar Escalante	
	Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS a la formación de los ingenieros	197
	Milena Ramallo, Elida Clara Repetto, María Celia Gayoso y Rosa Giacomino	
	Estudios críticos sobre algoritmos: ¿un punto de encuentro entre la ingeniería y las ciencias sociales?	215
	Carlos E. Gómez	
	Del ágora pública a las redes sociales: por una ciencia y una democracia sin exclusión	233
	Raúl Carbajal López y Cipriano Barrio Alonso	
4	Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías	251
	Raquel Villafrades Torres	
	La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0?	263
	Raúl Tabarés Gutiérrez	
	El latente debate sobre la ingeniería y la ciencia	287
	Javier Aracil	
	Foro	
	MatemaTICambios: la OEI y el desafío de enseñar en la era digital	315
	Karina A. Rizzo	

En la continuación de su décimo cuarto volumen, la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)* vuelve a publicar artículos atrayentes y oportunos para promover el debate y favorecer una mejor articulación entre la ciencia y la sociedad en Iberoamérica.

Nuestro número 41 incluye trabajos de investigadores mexicanos, argentinos, españoles, brasileños, colombianos y uruguayos. El primero de ellos, “Las ciencias sociales en América Latina desde las trayectorias y las experiencias científicas de sus investigadores”, firmado por César Guzmán Tovar, resume una investigación doctoral que comprendió un estudio de las trayectorias y experiencias de científicos y científicas sociales de tres países de América Latina: Argentina, Colombia y México. Al iniciar su exploración, el autor se pregunta de qué manera las trayectorias y las experiencias científicas han incidido en la construcción de conocimiento científico social en Argentina, Colombia y México. Los resultados obtenidos pueden ser considerados un aporte que abre nuevas líneas de discusión entre el campo CTS y la teoría social en general.

5

“A perspectiva CTS e a formação docente na visão de professores da educação básica brasileira”, artículo de João Paulo Fernandes e Guaracira Gouvêa, analiza las diferentes percepciones y apropiaciones desde la perspectiva CTS que profesores de ciencias brasileños construyeron durante su participación en el proyecto “Articulaciones en la Enseñanza de Ciencias desde la perspectiva CTS en la educación primaria: rendimiento de estudiantes, prácticas educativas y materiales de enseñanza”. Según Fernandes y Gouvêa, los relatos de los profesores posibilitaron un intercambio de experiencias y reflexiones sobre la práctica docente en ciencias y la posibilidad de explorar nuevos horizontes.

El título del tercer artículo es “¿Qué factores influyen en la construcción de ciudades inteligentes? Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países” y está a cargo de María Verónica Alderete. A partir del concepto de *smart cities*, la autora distingue dos visiones: la enfocada en el rol de las tecnologías de la información y de la

comunicación (TIC) y la que se amplifica a nociones vinculadas con el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gobernanza participativa y la reducción de emisiones. Sobre la base de una muestra de 181 ciudades en 81 países y la estimación de un modelo de regresión multinivel, con datos a nivel ciudad y a nivel país, Alderete contrasta estas visiones para descubrir los factores que inciden en la construcción de ciudades inteligentes. De acuerdo con los resultados obtenidos, el modelo tiene un mejor ajuste en la primera visión: el nivel económico y educativo, la ubicación en América Latina y el hecho de ser ciudades de países desarrollados en TIC son factores que afectan positivamente el nivel de inteligencia de una ciudad. Por otro lado, el modelo expresado en un sentido amplio muestra que, cuanto menor es la tasa de desempleo urbana, mayor es el nivel de inteligencia de las ciudades.

La sección de artículos misceláneos se cierra con “Innovación tecnológica en la cadena de producción de ropa en Argentina: cuando las apariencias engañan”, de Gustavo Ludmer. Gracias a una metodología que combina elementos cuantitativos y cualitativos —y a una profunda revisión de la literatura existente sobre la temática—, este autor concluye que la industria mencionada realiza, tanto en Argentina como en el resto del mundo, escasos esfuerzos en materia de innovación tecnológica. Sin embargo, si se tienen en cuenta a todos los eslabones de la cadena de producción, en especial a las marcas, se observa que el país austral ostenta destacadas capacidades basadas principalmente en el diseño de nuevos productos por parte de diseñadores profesionales con prestigio internacional, así como también se corrobora una baja productividad debido a la amplia existencia de talleres informales.

6

El número 41 incluye además un extenso dossier sobre el rol de las ingenierías en la sociedad digital. El monográfico se nutre de los trabajos derivados de la participación de expertos de diversa nacionalidad en el Foro Iberoamericano que se llevó a cabo en abril de 2018 en Avilés y Oviedo, España. Su objetivo, como indican Juan Carlos Toscano y José Antonio López Cerezo, es aportar una mirada reflexiva sobre “el extraordinario impacto que la microelectrónica y las telecomunicaciones están teniendo en la transformación del sistema productivo, la gobernanza democrática y los modos de vida”. Enfrentar los desafíos sociales y políticos que hoy plantea la irrupción de la industria 4.0 obliga a rediseñar los propósitos y materiales que comprenden el adiestramiento técnico de los ingenieros, así como el bagaje ético y filosófico que implica la búsqueda de un equilibrio entre el avance de la tecnología y las necesidades de nuestros pueblos.

Así, con estos contenidos, *CTS* establece una zona de comunicación entre las más urgentes temáticas que tienen lugar hoy en la ciencia iberoamericana. Nos despedimos de nuestros lectores hasta el número 42, que será publicado en octubre de 2019 y cerrará el presente volumen con un monográfico dedicado a la cooperación internacional en ciencia y tecnología.

Los directores

ARTÍCULOS *CS*

Las ciencias sociales en América Latina desde las trayectorias y las experiencias científicas de sus investigadores *

As ciências sociais na América Latina a partir das trajetórias e as experiências científicas de seus pesquisadores

Latin American Social Sciences from the Scientific Journeys and Experiences of their Researchers

César Guzmán Tovar **

9

El artículo sintetiza una investigación doctoral que aportó elementos teóricos y metodológicos a través del estudio de las trayectorias y experiencias de científicos y científicas sociales de tres países de América Latina. Se buscó dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿de qué manera las trayectorias y las experiencias científicas, como aspectos que configuran las subjetividades de los investigadores de las ciencias sociales, han incidido en la construcción de conocimiento científico social en Argentina, Colombia y México? La metodología se basó en un enfoque cualitativo a partir de la construcción de un estudio de casos, tomando a los sujetos (investigadores e investigadoras *junior* y *senior* de las ciencias sociales) como unidades de estudio. En el plano teórico se incluyeron los aportes de los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), poniendo especial énfasis en las investigaciones y conceptualizaciones realizadas desde América Latina. Estos aportes se pusieron en discusión con categorías centrales de la sociología y la antropología contemporáneas como “trayectoria”, “experiencia”, “vida cotidiana” y “subjetividad”, lo que puede ser considerado como un aporte que abre nuevas líneas de discusión entre el campo CTS y la teoría social en general.

Palabras clave: subjetividades científicas; producción de conocimientos; ciencias sociales; América Latina

* Recepción del artículo: 20/04/2018. Entrega de la evaluación final: 04/07/2018.

** Becario del Programa de Becas Posdoctorales en el Instituto de Investigaciones Sociales de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Doctor de investigación en ciencias sociales con mención en sociología por FLACSO-México. Correo electrónico: cgt003@gmail.com. El presente artículo se basa en la investigación desarrollada por el autor en el marco de la tesis titulada “Senderos bifurcados, subjetividades convergentes. Trayectorias y experiencias científicas de investigadores sociales en Argentina, Colombia y México”, con la cual obtuvo el título de doctor en investigación en ciencias sociales con mención en sociología por la FLACSO-México en agosto de 2017.

O artigo resume uma pesquisa de doutorado que contribui com elementos teóricos e metodológicos através do estudo das trajetórias e experiências de cientistas sociais de três países da América Latina. Buscamos responder à seguinte questão: de que forma as trajetórias e as experiências científicas, como aspectos que configuram as subjetividades dos pesquisadores das ciências sociais, influenciaram a construção de conhecimento científico social na Argentina, Colômbia e México? A metodologia foi baseada em uma abordagem quantitativa a partir da construção de um estudo de casos, tomando os sujeitos (pesquisadores e pesquisadoras júnior e sênior das ciências sociais) como unidades de estudo. No plano teórico foram incluídas as contribuições dos estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade (CTS), com especial ênfase nas pesquisas e conceituações realizadas na América Latina. Essas contribuições foram colocadas em discussão com categorias centrais da sociologia e da antropologia contemporâneas, como “trajetória”, “experiência”, “vida cotidiana” e “subjetividade”, o que pode ser considerado como uma contribuição que abre novas linhas de discussão entre o campo CTS e a teoria social em geral.

Palavras-chave: subjetividades científicas; produção de conhecimentos; ciências sociais; América Latina

This paper summarizes a PhD research that provided theoretical and methodological elements through a study on the journeys and experiences of scientists and the social sciences in three Latin American countries. An answer to the following question was sought: in what way have the scientific journeys and experiences, as aspects that configure the subjectivities of social science researchers, affected the construction of social scientific knowledge in Argentina, Colombia and Mexico? The research had a qualitative approach. It was based on case studies and focused on junior and senior social science researchers. On the theoretical level, the contributions of science, technology and society studies (STS) were also included, with a special focus on the research and conceptualizations made in Latin America. These contributions were discussed under categories that are central to contemporary sociology and anthropology, such as “journey”, “experience”, “daily life” and “subjectivity”, and open new lines of discussion in the STS field and social theory in general.

Keywords: scientific subjectivities; production of knowledge; social sciences; Latin America

Introducción

El ejercicio de la investigación en cualquier disciplina científica, en tanto práctica individual y colectiva a la vez, contiene problematizaciones de orden teórico y metodológico que generan en los investigadores no sólo inquietudes epistemológicas, sino también intereses complementarios —tal vez inexorables hoy en día— como la búsqueda de recursos, alcanzar buen posicionamiento personal en una red intelectual, o el reconocimiento público a partir de los hallazgos obtenidos en cada investigación. Comprender los procesos sociales y las dinámicas de interacción en las cuales se enmarcan dichas inquietudes e intereses es uno de los objetivos de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (ESCyT) o el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Desde allí se ha abierto una amplia gama de investigaciones acerca de cómo se producen los conocimientos científicos. Esa inquietud implica poner en cuestión la clásica discusión acerca de la supuesta objetividad del científico, de tal manera que los hechos científicos son considerados una construcción socio-cognitiva que no escapa a los valores e ideales reproducidos en sociedad.

Teniendo en cuenta ese contexto epistémico, el tema de este trabajo se enmarca en el estudio de las subjetividades en la producción de conocimientos científicos sociales en tres países de América Latina. La problematización se basa en que existe una desconsideración o ruptura en las investigaciones sociológicas en donde las experiencias, creencias, deseos y emociones de los sujetos no forman parte de las variables explicativas (o apenas se enuncian tangencialmente como una “dimensión secundaria” o “telón de fondo”) en los análisis sobre la construcción del conocimiento científico. Esa misma tendencia se observa en los modelos de evaluación a la producción científica implementados en las últimas décadas: en aras de hacer una medición “objetiva”, los sujetos científicos han desaparecido y muchas veces sus trayectorias no son de interés dentro del espectro evaluativo. En ese sentido, se considera que para comprender los procesos en la construcción del conocimiento es necesario centrar el estudio en la unidad básica de análisis micro-sociológico (los sujetos científicos y la configuración de sus subjetividades) en relación con niveles de análisis meso-sociológicos (instituciones, universidades y centros de investigación) y macro-sociológicos (contextos políticos, económicos y culturales). La investigación realizada apuntó a indagar esos vínculos micro, meso y macro a través de las trayectorias y las experiencias de investigadores sociales de Argentina, Colombia y México.

La premisa general es que los investigadores sociales de estos países han desarrollado procesos de producción de conocimientos marcados tanto por aspectos particulares (biográficos, cognitivos) como generales (sociales, culturales). Esos procesos son construcciones más o menos similares que se pueden rastrear y analizar a partir de las experiencias y las trayectorias científicas de los sujetos. Las diferencias y convergencias de contexto son claves para analizar las configuraciones de las subjetividades de los investigadores y —a través de ellas— comprender el escenario de la producción de conocimientos de las ciencias sociales en América Latina durante los últimos años.

Los cambios en los aspectos del contexto político y económico generan transformaciones en las formas de administración, organización, intercambio y difusión del conocimiento científico, mientras que las trayectorias biográficas e individuales son variables que intervienen en las motivaciones, expectativas y modos de sociabilidad de los investigadores.¹ Tanto los aspectos de contexto como los aspectos biográficos afectan los procesos de configuración de las subjetividades científicas de los investigadores vinculados al campo de las ciencias sociales. Lo anterior conlleva a la inquietud general por comprender de qué manera las trayectorias y las experiencias científicas, como aspectos que configuran las subjetividades de los investigadores de las ciencias sociales, han incidido en la construcción del conocimiento científico social en Argentina, Colombia y México.

Abordar esta pregunta desde la perspectiva que aquí se plantea puede contribuir a explicar la inquietud acerca del horizonte de acción sobre el cual se desarrollan el trabajo, la política y la ética de las ciencias sociales (Castillejo, 2015: 22). En ese sentido, la problematización trazada en la investigación desarrollada puede ser considerada pertinente, dado que las condiciones y los criterios bajo los cuales actualmente se configura el campo de legitimidad en la generación de conocimiento de las ciencias sociales son cada vez más cercanos a la autoridad de la productividad y al régimen de la cienciometría, dejando de lado las cuestiones éticas, estéticas y epistemológicas.

Para abordar esta problemática, el texto se divide en seis partes. En la primera de ellas se exponen los aspectos metodológicos bajo los cuales se desarrolló la investigación que dio surgimiento a este texto. En la segunda se trazan los referentes conceptuales que permitieron la construcción de las categorías analíticas centrales. De allí se pasa, en la tercera parte, a la explicación de cómo se estipuló el modelo analítico utilizado para abordar la pregunta. Las partes cuarta y quinta despliegan algunos elementos centrales en términos de los resultados obtenidos de la investigación, mientras que la última parte presenta algunas conclusiones destacadas dejando abiertos algunos puntos esenciales para desarrollos ulteriores.

1. Los sujetos como epicentro metodológico

El foco de la investigación fue encontrar algunas tendencias sobre las subjetividades y prácticas científicas inmersas en el contexto de los sistemas nacionales de ciencia y tecnología y en los sistemas nacionales de investigación. Como investigación exploratoria, el estudio se basó en el análisis de la información recopilada a través de algunos casos y la puso en diálogo con las reflexiones y conclusiones que ya han sido documentadas previamente por otros investigadores.

1. Cuando los aspectos políticos, económicos y culturales que intervienen en la construcción del conocimiento no son tenidos en cuenta por los investigadores, se genera conocimiento descontextualizado, el cual tiene muchos vacíos y problemas porque no logra conectar con las reales necesidades locales.

Lanzarse hacia la “tarea subjetiva” (Pedraza, 2010) implica un reto no menor en el cual es preciso asumir una ética de la investigación que desborde la posición tradicional del investigador que ausculta y estudia a “otros” con el único propósito de obtener información. Para generar esa ruptura con la tradición academicista se abordó la investigación dando centralidad a los científicos sociales en tanto sujetos de conocimiento; la perspectiva que se planteó no es novedosa en el sentido epistemológico, pero sí buscó una alternativa a la tradición que ubica a los científicos como informantes del saber experto o como expertos que buscan información sobre diversos saberes. La ética de la investigación que se propone busca deslindar a los investigadores sociales del misticismo científico y a la vez aprehender su condición de sujetos socio-históricos con intereses intelectuales y personales específicos. Lo anterior a través de la recepción e interpelación de la mayor cantidad de testimonios y de registros posibles.² Esa misma ética conduce a pensar y posicionar la multiplicidad no como una etiqueta que adorne el lenguaje de la investigación, sino como una actitud crítica. La crítica se dirige, principalmente, a los expandidos modelos que niegan esa multiplicidad invirtiendo recursos y esfuerzos cada vez más centrados en la configuración del andamiaje de los índices de productividad y en la semántica de las clasificaciones.

Poner el énfasis del estudio en las subjetividades científicas significa derivar de los espacios más cercanos de interacción entre los sujetos proposiciones y categorías que ayuden a comprender los engranajes más complejos de la acción y del orden social en el campo científico.³ Concretamente, la investigación buscaba especificar las acciones tejidas por los investigadores sociales en sus labores diarias para comprender la construcción del orden social en el campo de las ciencias sociales de cada uno de los países de interés. Para ello se tomaron como unidades de estudio a algunos investigadores de las ciencias sociales de tres países de América Latina a través de entrevistas en profundidad. Las entrevistas buscaron establecer un espacio de apertura a reflexiones sobre sus propias prácticas, experiencias y trayectorias científicas en el campo. Como dicen Jorge Chuaqui y sus colaboradores:

“El concepto de ‘unidad de estudio’ hace referencia a aquellas partes de los procesos que no se subdividen en el análisis. La unidad es tal en la medida en que, para estudiar un proceso del cual dicha unidad forma parte, ésta se considera sin introducir posteriores subdivisiones en ella. Ello no implica que dicha unidad en sí misma no pueda ser analizada en sus partes constituyentes. Aun cuando determinadas partes se consideran como unidades frente al proceso mayor, esto no supone que no se puedan estudiar las propiedades internas de las unidades” (2012: 87).

2. “Quien escucha está forzado de alguna manera a interpelar, incluso en silencio, lo que él dice” (Castillejo, 2008: 18).

3. Esto quiere decir que se busca comprender, por ejemplo, cómo las interacciones o situaciones cara a cara (Goffman, 1997 [1959]) están asociadas con las políticas de ciencia, tecnología e innovación (PCTI) y en la producción de conocimientos científicos de cada país.

Es importante señalar que, al considerar a los científicos sociales como las unidades de estudio de la investigación, la intención fue poner de relieve las interacciones sociales que constituyen el quehacer cotidiano de la ciencia social, lo anterior como elemento fundamental para la comprensión sociológica del campo de la investigación social. Esta consideración se basa en la postura que entiende a los sujetos científicos como el elemento primordial en la producción de conocimiento. Se sostiene que los científicos son el epicentro de la investigación; por tanto, la comprensión de los procesos científicos debe tomar en cuenta sus acciones, prácticas e intencionalidades. Dicho análisis es la fuerza irreductible que permite al investigador comprender la construcción social de los conocimientos científicos.

El foco puesto sobre los científicos sociales es una postura teórico-metodológica pensada desde de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (ESCyT) y la perspectiva ciencia, tecnología y sociedad (CTS).⁴ A través de diversos ángulos teórico-metodológicos (relativismo, constructivismo, economía del conocimiento, estudios socio-históricos, análisis de las políticas científicas), los estudios sociales de la ciencia han abarcado problemáticas relativas a la construcción de los hechos científicos en relación con los contextos sociales y culturales donde son producidos. Con base en reflexiones, categorías y conceptualizaciones novedosas respecto a la tradición mertoniana, muchos de esos estudios se han enfocado en realizar investigaciones que entienden a los científicos como uno de los elementos nodales en la fabricación de conocimientos.⁵ Así, desde hace varias décadas, investigadores de la región y de otras latitudes han consolidado, a partir de diferentes preocupaciones y enfoques, un campo de estudio en donde los sujetos científicos cobran protagonismo sin dejar de lado los aspectos culturales, políticos y económicos que atraviesan toda actividad científica.⁶

La investigación cualitativa no se desliga de la rigurosidad teórica; su razón de hacer se basa en la construcción de instrumentos para la comprensión de las realidades sociales en comunicación con herramientas teóricas y conceptuales. Por ello se dice que la investigación cualitativa “involucra un gran conocimiento de la teoría, pues ahí se encuentran las claves para desentrañar el significado de las observaciones derivadas de las palabras, narraciones o comportamientos que recoge

4. Una nota sobre la diferenciación entre CTS y ESCyT: “En la actualidad las nociones CTS y ESCyT se han tornado prácticamente equivalentes, y se usan en forma indistinta, aunque vale la pena mencionar que la tensión con relación a los orígenes de los estudios de la ciencia, sus componentes disciplinarios, sus premisas epistemológicas, teorías, métodos y objetivos finales, no se encuentra completamente resuelta, y los límites del campo —tanto en América Latina como en las otras regiones— siguen siendo porosos y se van redefiniendo en forma más o menos periódica” (Kreimer, Vessuri, Velho y Arellano, 2014: 11).

5. Sobre el surgimiento e institucionalización de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina, véase: Dagnino, Thomas y Davyt (1996); Kreimer y Thomas (2004); Kreimer (2007); Vessuri y Canino (2007); Dagnino (2008); Thomas (2010); Arellano y Kreimer (2011); Kreimer, Vessuri, Velho y Arellano (2014).

6. Algunos autores ya clásicos en este campo son, por ejemplo, David Bloor, Karin Knorr-Cetina, Bruno Latour, Steve Woolgar, Richard Whitley y —más recientemente— Dominique Vinck, sólo por nombrar algunos fuera de nuestra región. En América Latina se destaca la trayectoria de investigadores como Mario Albornoz, Antonio Arellano, Rosalba Casas, Yuri Gómez, Pablo Kreimer, Olga Restrepo y Hebe Vessuri, quienes han consolidado con sus estudios líneas de investigación y la conformación de redes que permiten el intercambio de experiencias y la generación de nuevas preguntas pertinentes a nuestros contextos.

el investigador” (Tarrés, 2013: 15). Teoría y método son dispuestos por el investigador para comprender y explicar; este nexo se entiende como una práctica que construye paradigmas a partir de la experiencia.⁷

El uso de las biografías como recurso metodológico central en la construcción de los casos permitió una proximidad con los interlocutores desde la cual se puede comprender de cerca rasgos característicos de la historia social y política reciente de cada uno de los países que hicieron parte de la investigación. Al inicio de la investigación, muchos de esos rasgos eran ajenos: se ignoraban completamente o sólo se habían referenciado a partir de fuentes secundarias. El recurso biográfico, como dice Rojas (2013), permite comprender los vínculos entre las experiencias íntimas en lo microsociedad y los aspectos contextuales que se encuentran en lo meso y macrosociedad. Mi postura apunta a que ese vínculo es el que define de manera singular las subjetividades de los investigadores.

“Hay que recordar que, precisamente, la utilidad de lo biográfico en la sociología reside en su valor documental, en su capacidad para poner en relación el nivel ‘micro’ del tiempo biográfico con el contexto ‘macro’ del tiempo histórico, y para construir una forma de acceso a la subjetividad” (Rojas, 2013: 179).

Para la reconstrucción de las biografías de los investigadores se optó por las entrevistas en profundidad frente a otras técnicas similares como la historia oral, el relato de vida, la historia de vida o la entrevista discursiva. Lo anterior debido a que estas técnicas de recolección de información no tienen un foco específico, dejando que el relato inicie, se despliegue y se centre en sucesos y sentimientos que el entrevistado, desde su propia versión, considere importantes o memorables (Bray, 2013; Rojas, 2013). Por el contrario, las entrevistas en profundidad se enfocan en algunos aspectos vitales que son de interés para el investigador generando un esfuerzo de “reimersión” por parte de los entrevistados en colaboración con el entrevistador (Vela Peón, 2013: 73).

15

En síntesis, la construcción de los casos se efectuó a través de entrevistas en profundidad a investigadores sociales y revisión de fuentes secundarias (bibliografía especializada, páginas web, *curriculum vitae* y documentos oficiales). En total fueron entrevistados 39 investigadores (19 hombres y 20 mujeres) activos dentro de los sistemas nacionales de investigación de cada país y vinculados laboralmente a universidades públicas o privadas, pertenecientes a diferentes disciplinas de las

7. Decía Kuhn que todo paradigma remite a una práctica propia del investigador: “Al elegir este término [paradigma], es mi intención sugerir que algunos ejemplos aceptados de práctica científica efectiva [...] suministran modelos de los que surgen tradiciones particulares y coherentes de investigación científica” (Kuhn, 2013 [1962]: 115).

ciencias sociales (**Gráfico 1**), con edades entre 28 y 75 años, para un total de más de 43 horas de grabación.⁸

La selección de los investigadores a entrevistar se realizó de manera aleatoria a través de las páginas web de los principales organismos nacionales de ciencia y tecnología (ONCyT) de cada país: Colciencias, Conacyt, Conicet; y de la información disponible en universidades y centros de investigación en ciencias sociales con sede en las ciudades capitales de cada país.⁹ De manera que la investigación se basó en entrevistas a investigadores que, en el momento de ser contactados, estaban vinculados a centros de producción de conocimiento ubicados en las capitales de los tres países (Bogotá, Buenos Aires y Ciudad de México). Este criterio de selección da un sesgo a la investigación, dado que en las regiones diferentes a las capitales y grandes ciudades (nichos académicos y de producción de conocimientos por antonomasia) los investigadores suelen tener condiciones más adversas en cuanto a recursos materiales y simbólicos que los que se encuentran en las universidades y centros de investigación ubicados en los centros de poder industrial, financiero y político. Estas condiciones pueden llegar a afectar las formas de sociabilidad, el direccionamiento de las preguntas de investigación y las trayectorias científicas.

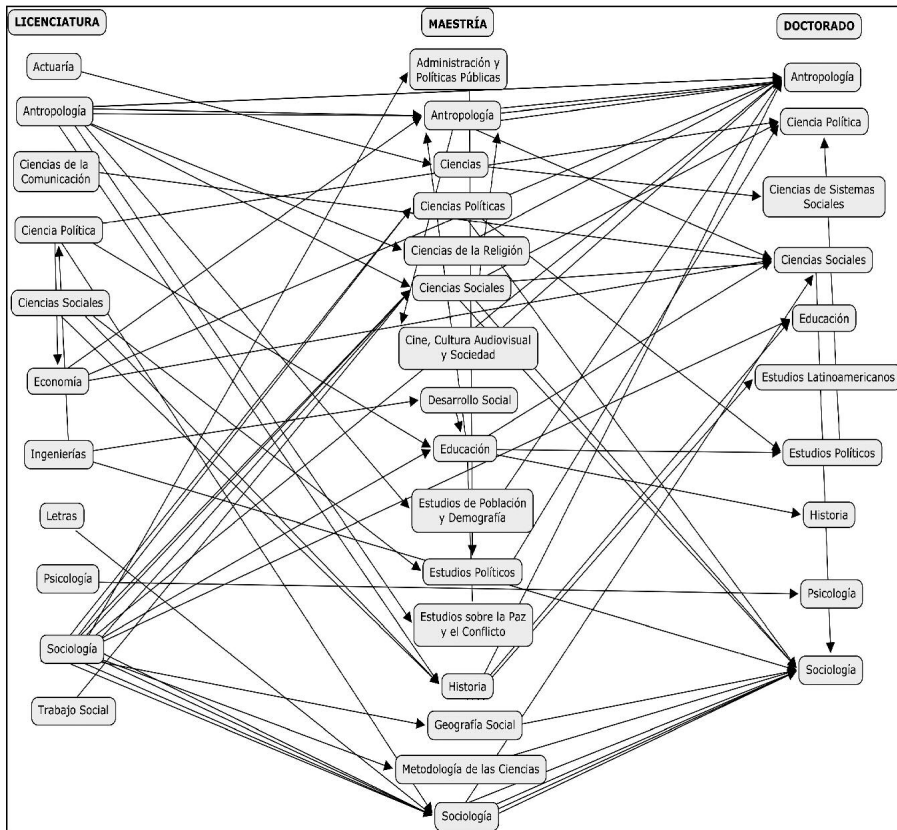
Se puede decir —a riesgo de sobreestimar las inocuas jerarquizaciones— que se considera investigadores *senior* a 25 de los entrevistados e investigadores *junior* a los otros 14. De hecho, esta diferenciación se constituyó en uno de los principales ejes analíticos de las trayectorias en la investigación realizada, de modo que —con o sin jerarquización— las nociones de investigador *junior* y *senior* son importantes para comprender las prácticas científicas de unos y otros.¹⁰

16

8. El género no se tuvo en cuenta como una variable explicativa central en la configuración de las subjetividades científicas. Esto no quiere decir que no se hayan tenido en cuenta rasgos y experiencias significativas que las mismas investigadoras relataron como trascendentales durante las entrevistas. Una investigación que tome en cuenta el enfoque de género como principal factor explicativo de las diferencias en las trayectorias dentro de las ciencias sociales queda pendiente.

9. En algunos casos los investigadores entrevistados referenciaron a otras personas (colegas, compañeros o referentes) que podrían aportar en la investigación; es lo que comúnmente se conoce como el efecto “bola de nieve”. Por otra parte, el primer contacto con los investigadores se realizó por medio de correos electrónicos y en algunos casos llamadas telefónicas.

10. En el lenguaje informal de las ciencias se suele clasificar a los investigadores entre *junior* y *senior*, esto atendiendo a su trayectoria y formación en un campo específico de las ciencias. En general, los investigadores *junior* son aquellos recientemente vinculados y, por lo tanto, con poca experiencia y recorrido en la investigación científica. Los investigadores *senior* son aquellos con una extensa trayectoria, experiencia y, en algunos casos, amplio reconocimiento y prestigio. Para la investigación realizada clasifiqué a los investigadores *junior* como aquellos investigadores que cuentan con título de doctorado, tienen una trayectoria en la investigación menor a 15 años, han realizado investigaciones y publicado algunos artículos o libros como producto de esas investigaciones y han trabajado como docentes en alguna institución de educación superior. Los investigadores *senior* tienen una amplia trayectoria (más de 15 años), cuentan con numerosas publicaciones; además de dar clases en los niveles de pregrado y posgrado, han dirigido departamentos, institutos o centros de investigación, han formado a otros investigadores en posgrados y tienen en sus currículos reconocimientos (premios y distinciones) por aportes realizados a las ciencias sociales a través de una o más de sus investigaciones. En ese sentido, ser investigador *junior* o *senior* tiene que ver menos con la edad y más con la trayectoria en el campo de las ciencias sociales.

Gráfico 1. Representación de las trayectorias en las titulaciones de los entrevistados¹¹

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas

En el momento de realizar las entrevistas, sólo dos de los investigadores no estaban vinculados laboralmente con universidades o al sistema de investigación, pero sí seguían sosteniendo vínculos con la investigación científica y el campo académico a

11. El **Gráfico 1** muestra los trayectos de los entrevistados desde la licenciatura hasta el doctorado. Se excluyeron los títulos de especialización (que generalmente se otorgan entre la licenciatura y la maestría) porque, al igual que los diplomados, son estudios de profundización en temas específicos que no necesariamente conducen hacia la investigación social. También se excluyeron los posdoctorados: estos estudios son investigaciones concretas que responden a intereses muy específicos de quienes los realizan, en ellos no hay una estructura curricular ni consenso sobre las actividades que se deben desarrollar (sobre las características y los objetivos de los posdoctorados, así como las expectativas de quienes lo realizan, véase: Åkerlind, 2009; Müller, 2014a; y Jung, 2016). Por otra parte, los antiguos títulos DEA que se otorgaban en Europa (diploma de estudios avanzados en España; *diplôme d'études approfondies* en Francia) se equipararon al nivel de maestría, por ser un título que se otorgaba como requisito para obtener un doctorado.

través de sus trabajos. Por otra parte, una de las entrevistadas es brasilera nacionalizada en uno de los países que hacen parte de la investigación. Cinco de los entrevistados son extranjeros (con nacionalidades diferentes al lugar donde trabajan), pero con fuertes vínculos personales, familiares y académicos con los países en donde fueron entrevistados. Por respeto he conservado su anonimato.

El guion o guía de entrevista se elaboró a partir de tres temáticas generales: 1) trayectorias y recorridos en el campo de la investigación social; 2) relación con las instituciones donde han laborado y la intervención de las políticas de ciencia en los procesos de investigación; 3) interacción y organización del trabajo con colegas y otros investigadores. Vale la pena mencionar que estas temáticas agrupaban un conjunto de subtemas que a su vez estaban compuestos por las preguntas base de la guía de entrevista. Los subtemas respondían a las categorías construidas para el análisis con las cuales se codificó la información. Luego, la información codificada se organizó de manera que respondiera a los objetivos planteados. A partir de allí se inició el proceso de escritura.

2. La configuración de las subjetividades científicas

Las categorías analíticas centrales se refieren a dos nociones clave desde las cuales entiendo las subjetividades científicas: trayectorias y experiencias. Esta díada constituyó el pilar de la investigación, pero por sí mismas dichas nociones no dicen mucho. Es necesario, entonces, alimentarlas, llenarlas de contenido y darles un sentido.

18

2.1. Trayectorias

En primer lugar, siguiendo a Fernández (citado en Remedi y Ramírez, 2016), en la investigación se tomó la noción de “trayectoria” como una reconstrucción del transcurrir de los sujetos (científicos) a través de instituciones (universidades, institutos y centros de investigación) en las cuales los investigadores sociales se constituyeron como tales. En el mismo sentido, Bourdieu define las trayectorias como “una serie de posiciones sucesivamente ocupadas por un mismo agente (o un mismo grupo) en un espacio en sí mismo en movimiento y sometido a incesantes transformaciones” (citado en Hamuí, 2016: 244).

Las trayectorias se entienden en relación con la acumulación de experiencias y aprendizajes que, como dice Bourdieu (2003: 79), varían según las disciplinas, pero también según los recorridos y entornos escolares y sociales. Las trayectorias guían o direccionan las posiciones en el campo y a la vez proveen a cada investigador de un complejo conjunto de intereses y de percepciones sobre su entorno social y científico.

“Los *habitus* y los intereses asociados a una trayectoria y a una posición en el espacio universitario (facultad, disciplina, trayectoria escolar, trayectoria académica) son el principio de la percepción y de la apreciación de los acontecimientos críticos y, por eso mismo, la mediación a través de la cual se efectúan en prácticas los efectos de esos acontecimientos” (Bourdieu, 2008a [1984]: 237).

De acuerdo con la propuesta de Bourdieu, las trayectorias dan a los investigadores los elementos necesarios para valorar su situación en el campo académico y para evaluar diferentes situaciones que los afectan. Diferentes trayectorias producen diferentes valoraciones. Aun cuando aquellas tengan recorridos e itinerarios similares, las percepciones pueden diferir en razón del sentido que los investigadores otorgan a las prácticas y a la mediación de los *habitus* construidos y reproducidos.

“Existen tantas maneras de entrar en la investigación, de mantenerse en la investigación y de salir de la investigación como clases de trayectorias, y toda descripción que, tratándose de tal universo, se atiene a las características genéricas de una carrera “cualquiera” hace desaparecer lo esencial, es decir las diferencias” (Bourdieu, 2008b: 31).

Lo más interesante en el planteamiento de Bourdieu sobre las trayectorias científicas es que el autor llama la atención sobre las diferencias inherentes en cada sujeto. Al decir que las historias familiares y escolares (capital social, cultural y escolar) intervienen en la definición de las trayectorias académicas, Bourdieu propone una mirada centrada en las diferencias más que en los ordenamientos disciplinares. Sin desatender las “características genéricas” (pues de todas maneras éstas también son factores que trazan las trayectorias), el foco del análisis sobre las diferencias entra en diálogo con la investigación cualitativa, pues las estadísticas sobre las entradas y salidas en el campo de la ciencia —junto con los datos sobre la productividad— pasan a un segundo plano explicativo. El interés del estudio está más acá de comprender la composición del campo de las ciencias sociales desde una perspectiva estructural para situarlo en los caminos que los investigadores han tenido que atravesar para poder lograr ciertas posiciones en ese campo. Desde este punto de vista, lo interesante acerca de las trayectorias no es establecer los puntos de llegada (y cómo se establecieron esos puntos), sino rastrear los recorridos realizados, los itinerarios como experiencia y las motivaciones detrás de ellos.

19

Por otra parte, las trayectorias permiten identificar ciertos “hitos” en los procesos de producción de conocimientos, estos hitos dan cuenta de las transformaciones y de relaciones en contextos más amplios (Versino, 2004: 246). Rastrear las trayectorias científicas significa poner especial atención a los aspectos sociales, culturales, ideológicos y políticos que los propios investigadores definen como significativos en sus carreras, de modo que tales aspectos no pueden ser definidos *a priori* (Versino, 2004: 246), sino sólo en concordancia con los relatos de los sujetos de la investigación.¹²

La noción de trayectoria está atravesada, entonces, por la idea de un recorrido personal entre varias instituciones, las cuales aquí se toman como espacios físicos y

12. Esos relatos, en tanto herramientas para la construcción de estudio de casos, se establecen a partir de referencias que incluyen desde situaciones familiares hasta aspectos institucionales. Así lo desarrolla Hebe Vessuri (2007: 275 y ss.) en su estudio sobre Nicolás Bianco, investigador venezolano. Allí la autora analiza la trayectoria profesional del investigador acudiendo a “influencias decisivas”, tales como la familia, la escuela, el nacionalismo y la investigación.

sociales que determinan los movimientos (ascensos y descensos) de las carreras de los científicos. Ellas son el principal –pero no el único– dispositivo que da cuenta de las trayectorias científicas.¹³ Junto con las instituciones, se encuentran otros tipos de dispositivos que tienen que ver con hitos políticos y económicos, los cuales afectan tanto a las instituciones como a los investigadores directamente. A este conjunto de dispositivos se los ha denominado “mediaciones sociales”: eventos narrados o nombrados por los entrevistados que se inscriben en el espacio social (es decir, en las sociedades) y que de una u otra forma influyen en sus biografías. Son “mediadores” porque, según sus propios relatos, afectaron el curso de sus carreras generando quiebres, bifurcaciones o giros en sus trayectorias. Las mediaciones sociales deben entenderse como dispositivos que propician en los investigadores (por imposición o por voluntad propia) transformaciones entre un momento inicial y un momento posterior de sus trayectorias académicas y profesionales.¹⁴

En concordancia con lo anteriormente expuesto, las trayectorias científicas se pueden estudiar a partir de una reconstrucción narrativa, reflexiva y analítica de los aspectos significativos de la vida científica de los investigadores. Reconstrucción de las diversas situaciones, vivencias e itinerarios en los cuales se insertan sus experiencias, resaltando acontecimientos de interés o hitos que han marcado transformaciones en sus subjetividades. En síntesis, la premisa que se plantea en esta dimensión es que las trayectorias científicas responden a ciertos hitos o acontecimientos de tipo económico, científico y político que son significativos para los investigadores en el sentido cognitivo, profesional y personal. Como dice Dubet, citando a Martuccelli: “Los individuos no se construyen en un vacío social, sino por medio de una serie de relaciones, pruebas y desafíos profesionales, familiares, amorosos... que pueden ya favorecer la realización individual, ya destruirla” (2015: 69).

20

2.2. Experiencias

La otra noción central desde la cual entiendo la configuración de las subjetividades científicas es la de “experiencia”. Aquí retomo algunas conceptualizaciones hechas por Dubet (2006, 2010 y 2011). La experiencia social reúne el conjunto de las conductas individuales y colectivas atravesadas por elementos constitutivos de dimensiones heterogéneas (lo que he llamado mediaciones sociales), así como la actividad de los individuos que están influenciados por dicha heterogeneidad en la construcción del sentido de sus prácticas (Dubet, 2010 [1994]: 14).

13. Me refiero al término “dispositivo” según la definición hecha por Foucault en una entrevista de 1977: “Un conjunto resueltamente heterogéneo que compone los discursos, las instituciones, las habilitaciones arquitectónicas, las decisiones reglamentarias, las leyes, las medidas administrativas, los enunciados científicos, las proposiciones filosóficas, morales, filantrópicas. En fin, entre lo dicho y lo no-dicho, he aquí los elementos del dispositivo. El dispositivo mismo es la red que tendemos entre estos elementos” (citado en Agamben, 2011: 250). Una interesante reflexión acerca del uso de este concepto foucaultiano en el desarrollo metodológico de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología es desarrollada por Arellano (2015).

14. Tomo el término “mediación” del esquema de Latour (2001), para definir acontecimientos en los cuales un actor interviene generando cambios sustanciales entre la situación inicial y la situación final. En esta investigación, las mediaciones son entendidas como dispositivos que provocan transformaciones significativas en los modos de estar, pensar y sentir; de modo que una mediación no es la simple acumulación de información o de emociones sino verdaderas experiencias que producen quiebres en los sujetos a lo largo de sus trayectorias.

Dubet desarrolla la noción de experiencia social recalcando que a partir de ella se da la posibilidad de atribución que tienen los sujetos para recomponer la unidad de su experiencia y la del objeto de su trabajo (2006: 91). Esto quiere decir que la experiencia no puede ser comprendida, ni siquiera estudiada, sin la presencia protagónica de los sujetos, de sus acontecimientos biográficos. Para el caso de la investigación desarrollada, son los científicos sociales quienes, en virtud de sus íntimas emociones y recaudos memoriales, dan sentido a cada acontecimiento biográfico, reconstruyen sus vivencias y tejen los vínculos entre lo público y lo privado en sus historias científicas personales. Bajo esa reconstrucción es posible ensamblar analíticamente cada uno de los relatos para comprender, en conjunto, cuáles son las variables que han marcado las trayectorias de estos investigadores y cómo ha influido aquello en las prácticas de generación de conocimientos científicos.

La experiencia está íntimamente relacionada con la acción, al punto que Dubet dice que la experiencia se trata de las lógicas mediante las cuales los individuos buscan tener el mayor dominio posible de la acción (2011: 123). La investigación retoma, entonces, al sociólogo francés para comprender la manera en que los sujetos organizan y dan sentido a la acción para convertirla en un problema, y para dar cuenta de ello se debe interrogar a los sujetos sobre sí mismos. Aunque Dubet reconoce que la noción de experiencia tiene un significado doble (el primero se refiere a lo vivido, las emociones, sentimientos e ideas; el segundo a técnicas de medición, verificación y resolución de problemas), prefiere pararse en el segundo significado, que remite a las lógicas de acción que “cada uno se hace cuando las rutinas y los hábitos no alcanzan para orientar las prácticas y los juicios” (2011: 124). En la investigación realizada se ha optado por mantener vigentes las dos acepciones recomblando en el análisis tanto las emociones, las creencias y los deseos como las estrategias y los “arreglos” que los sujetos (científicos) movilizan durante sus trayectorias profesionales.

21

Sin duda, los investigadores ingresan al mundo académico guiados por motivaciones y expectativas de todo tipo (no tener como expectativa ser un investigador reconocido es, también, un tipo de expectativa); a medida que van recorriendo el camino profesional, esas motivaciones se van transformando de acuerdo con acontecimientos biográficos que van de la mano con un conjunto complejo de emociones y vivencias generado por eventos familiares, personales o del azar. Como las trayectorias, las experiencias también se configuran de la mano de las mediaciones sociales, de las variaciones institucionales y de los acontecimientos biográficos. Situaciones personales como el nacimiento de hijos, el matrimonio, el vínculo con otros investigadores, la participación en redes políticas y culturales, la influencia de “terceras figuras” o el hecho de venir de una familia con tradición académica pueden llegar a determinar de manera observable las posiciones ocupadas y la producción dentro del campo científico.¹⁵

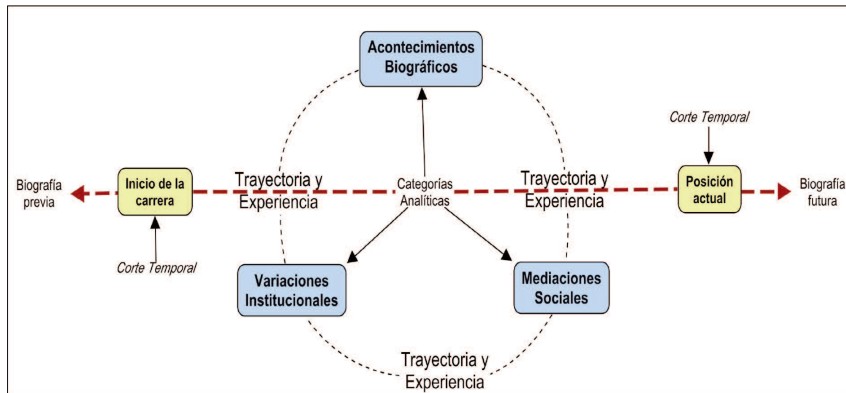
15. Remedi y Blanco llaman “terceras figuras” a personas que ejercen una fuerte influencia en la orientación de las trayectorias ya que movilizan procesos de identificación con el oficio de investigador. Las terceras figuras introducen nuevos repertorios culturales, actúan como referentes, como lugares de identificación que permiten a los sujetos proyectarse como científicos, y direccionan la formación académica hacia la especificidad del trabajo científico (2016: 410).

3. La construcción del modelo analítico

El modelo analítico construido a partir de los desarrollos conceptuales presentados anteriormente busca dar centralidad a las trayectorias y las experiencias de los investigadores en relación con las mediaciones sociales, las variaciones institucionales y los acontecimientos biográficos (**Gráficos 2a y 2b**). En ellas, los aspectos de la economía y de la política nacional son importantes para entender los caminos seguidos por los investigadores y cómo las motivaciones y expectativas que se tenían en un comienzo de la carrera van variando o se mantienen intactas. Los recursos materiales y simbólicos también son movilizados durante las trayectorias y permiten al investigador, en su proyecto personal, alcanzar cierto prestigio y visibilidad científicas a través de sus producciones. Así, tenemos un conjunto de variables que de manera diferenciada construyen los perfiles de los investigadores y los sitúa en posiciones (institucionales y simbólicas) que son resultado de estrategias personales y de procesos contingentes que hacen parte de momentos históricos. En ese sentido, es importante sumarse al interés de Remedi y Blanco que se refiere a “analizar la compleja trama en la que intervienen instituciones, figuras de identificación y tácticas personales que posibilitan ‘puntos de llegada’ similares en términos de su posición en una institución y en el sistema científico local” (2016: 386).

El **Gráfico 2a** muestra el modelo analítico de manera general, construido para el análisis de las subjetividades científicas. Como todo modelo, deberá ponerse a prueba en distintas investigaciones y así corroborar su pertinencia (o no). La línea discontinua en color rojo representa la línea del tiempo vital de cada investigador. Esta línea tiene dos cortes temporales (“Inicio de la carrera” y “Posición actual”): los momentos en los cuales la indagación biográfica empieza y termina (variables independientes). A lo largo de la línea del tiempo vital se encuentran la trayectoria y la experiencia de cada sujeto (categorías analíticas principales), que están vinculadas (el vínculo se representa con el círculo discontinuo) a acontecimientos biográficos, variaciones institucionales y mediaciones sociales (categorías analíticas secundarias). La interrelación de estos componentes generales da cuenta de la configuración —y posibles transformaciones— de las subjetividades de los investigadores sociales.

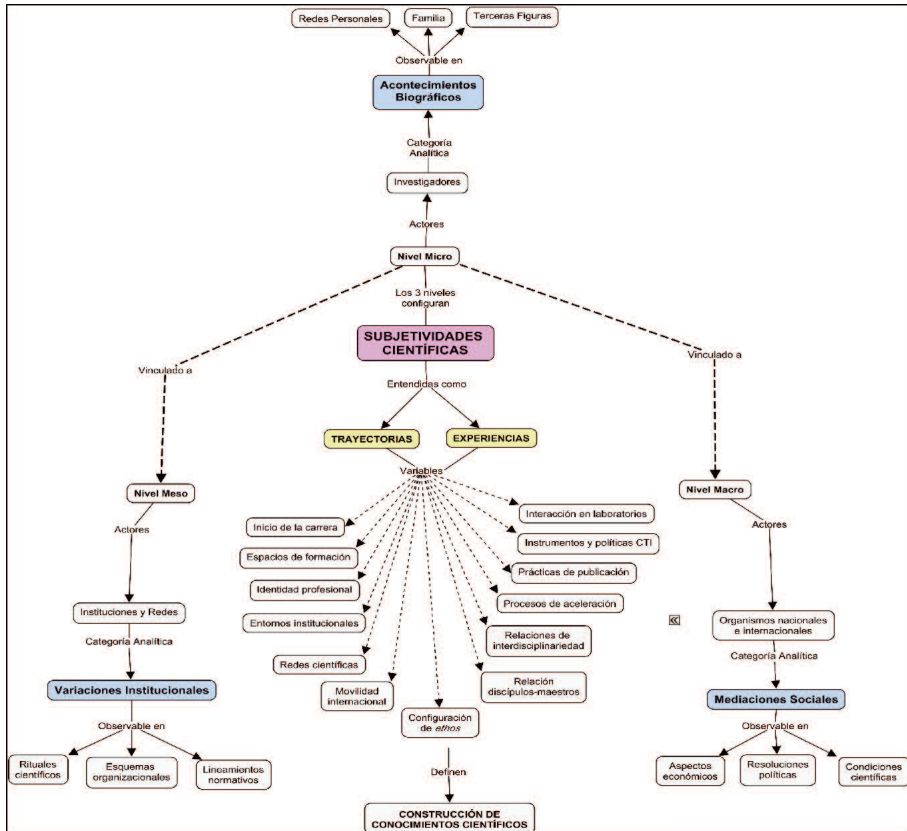
Gráfico 2a. Modelo analítico para el estudio de las subjetividades científicas (componentes generales)



Fuente: elaboración propia

En el **Gráfico 2b**, el modelo es desplegado para dar cuenta de los componentes específicos del mismo mostrando el contenido de cada una de las categorías analíticas y la manera en la cual interactúan a lo largo del tiempo y en espacios definidos. El gráfico muestra en el centro el concepto “subjetividades científicas”, núcleo de interés del cual se desprenden las categorías principales: trayectorias y experiencias (en plural para dar cuenta de las múltiples biografías que constituyen cada uno de los casos). Las subjetividades científicas están atravesadas por tres niveles analíticos que se interrelacionan entre sí: micro, meso y macro. En cada uno de estos niveles se encuentran actores representativos; el grupo de actores representativo de cada nivel se interrelaciona continuamente con los actores de los demás niveles (esta relación de interdependencia entre los niveles se representa con una línea discontinua). Para analizar la acción de cada grupo de actores se han construido las categorías analíticas secundarias, así: “acontecimientos biográficos” para el nivel micro, “variaciones institucionales” para el nivel meso, “mediaciones sociales” para el nivel macro. Adicionalmente, cada una de las categorías es observable a través de diferentes aspectos, acontecimientos y sujetos que intervienen de manera importante en las trayectorias y experiencias individuales. De ellas se obtienen, entonces, las variables que hacen parte de la dimensión más fina para realizar el análisis con las técnicas mencionadas anteriormente.

Gráfico 2b. Modelo analítico para el estudio de las subjetividades científicas (componentes específicos)



24

Fuente: elaboración propia

4. Sobre las mediaciones sociales y las variaciones institucionales

Hacer una síntesis comparada entre los tres casos tiene como imperfección analítica el hecho de dejar por fuera algunas particularidades importantes en el tema que la investigación abarcó; pero tiene como virtud la posibilidad de ofrecer un panorama amplio de la situación de la producción de conocimientos a partir de algunas generalidades. En estas líneas se tratará de trazar algunos elementos comparativos de interés entre los tres países.

Los investigadores entrevistados se ubican en un rango de edad entre los 28 y 75 años. Esto quiere decir que los más experimentados se formaron profesionalmente e iniciaron sus carreras de investigación alrededor de las décadas del 60 y 70 del siglo XX. Cada país atravesaba, durante ese periodo, sus propias dinámicas políticas y económicas, desde la represión dictatorial de Argentina hasta la consolidación de un

proyecto nacionalista en México, pasando por el surgimiento de las guerrillas radicales de izquierda en Colombia. En este contexto variopinto, las trayectorias de los investigadores tuvieron un inicio igualmente diferenciado: algunos se formaron en el exterior por decisión propia, otros tuvieron que hacerlo como consecuencia de la represión política, unos más se formaron profesionalmente en sus países a pesar de las adversidades económicas y políticas.

Estos puntos de partida diferenciados en las carreras científicas, sin embargo, encontrarían algunos puntos de convergencia a través de la institucionalización de las ciencias sociales generado en toda la región latinoamericana y en la cual tuvieron amplia participación países como México, Chile, Argentina y Brasil. Un claro ejemplo de lo anterior es FLACSO como un centro de pensamiento que convocó y formó a muchos estudiosos de las ciencias sociales latinoamericanas. Otro ejemplo lo constituye CLACSO, organismo que también ha conglomerado a una cantidad innumerable de investigadores sociales de la región y en el cual la gran mayoría de los entrevistados ha participado, ya sea a través de sus cursos virtuales, sus grupos de trabajo o las becas ofrecidas.

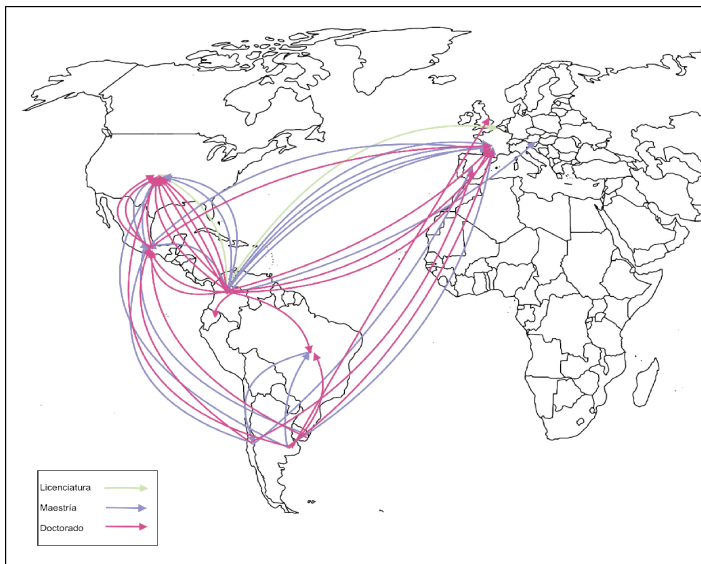
Durante los años 80, periodo durante el cual —según la edad— se formó la segunda generación de investigadores entrevistados, la región atravesó por importantes cambios a partir de la crisis económica generalizada que condujo a caracterizar a la década del 80 como “la década perdida”. El restablecimiento de la democracia en Argentina, el establecimiento de la economía neoliberal en México y los procesos de paz fallidos entre el gobierno colombiano y los grupos armados insurgentes fueron los principales acontecimientos que envolvieron la vida nacional, las investigaciones en ciencias sociales y las trayectorias de sus investigadores. Así, durante esta década la iniciación en la carrera de investigación estuvo acompañada por políticas gubernamentales como el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de México y la apertura de la carrera de investigador por parte del Conicet argentino. Los temas y líneas de investigación adoptadas también tuvieron como referencia hechos de interés nacional como la Guerra de Malvinas, los procesos de movilización social en México o las posibilidades de la constitución de la paz en Colombia.

Ya en los años 90 y en la primera década del 2000 (periodo de formación de la tercera generación etaria de investigadores), la economía de libre mercado se establece como único paradigma de las políticas económicas en los tres países, lo cual genera una serie de ajustes al financiamiento de la educación superior y al sector de la ciencia y la tecnología. Al mismo tiempo, durante este periodo la mayoría de los entrevistados obtiene el título de doctorado y se vincula formalmente a las instituciones académicas y científicas como profesores-investigadores. La presión del mercado de titulaciones —derivado de la economía de mercado impuesta sobre los centros de formación— generó una oleada de movilidad internacional entre los entrevistados, quienes se formaron como doctores en el exterior, y algunos de ellos continuaron estudios de posdoctorado (**Mapa 1**).

El **Mapa 1** muestra lo que he denominado el “triángulo de la movilidad”, en el cual América Latina, Estados Unidos y Europa forman sus vértices. Si se toma este triángulo como referente de una parte constitutiva de la división internacional del trabajo

científico, se confirma que, en efecto, Europa (especialmente Francia) y Estados Unidos siguen siendo los destinos más comunes para la formación de científicos.¹⁶ El triángulo de la movilidad puede considerarse como un ejemplo de lo que comúnmente se conoce como internacionalización de la ciencia, donde las ciencias sociales de América Latina han estado desde sus inicios involucradas en actividades internacionales a través de estancias, seminarios, pasantías, conferencias, posdoctorados y demás (Vessuri, 2009 y 2011). Esta noción está vinculada a otros debates respecto a las relaciones entre “centro-periferia” o ciencia central y ciencia en la periferia (Altbach, 2001; Kreimer, 2000; Vessuri; 2007). Es importante mencionar que, en lo que respecta a las trayectorias de los entrevistados, éstas se han edificado en relación con programas académicos de otros países, lo cual es un insumo importante (pero no suficiente) para establecer relaciones de cooperación y colaboración internacional y bilateral entre diferentes países (Kleiche-Dray y Villaviciencio, 2014). En ese sentido, los procesos formativos de los entrevistados han estado dinamizados por instituciones nacionales e internacionales que de manera concomitante definieron sus intereses científicos, contribuyeron a tejer redes académicas y moldearon las bases praxeológicas y epistemológicas de las prácticas científicas que desarrollan actualmente.

Mapa 1. Movilidad internacional de los entrevistados según los niveles de formación



Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas

16. Suárez y Pirker consideran que en el caso mexicano “ya no hay un polo especialmente dominante, como lo fue Francia en los años sesenta; las instituciones mexicanas ofrecen posibilidades de formación de alto nivel y forman profesionales con competencias destacables” (2014: 13). En este punto habría que hacer una investigación de tipo cuantitativo-cualitativo para establecer la cantidad de personas de América Latina que se forman en el exterior, complementando dichas estadísticas con las apreciaciones de quienes se forman en Europa y Estados Unidos sobre la calidad de los programas y las competencias adquiridas.

Igualmente, debido a que en las últimas décadas las instituciones empezaron a exigir mayores niveles de formación a sus profesores, se llegó al punto que la carrera de investigación en ciencias sociales no puede ser legitimada sin título de doctorado; por ello los investigadores entrevistados ven como una condición natural de los científicos sociales hacer doctorado y posdoctorado para obtener alguna posición en la academia. No hacerlo significa, hoy en día, no haber asimilado las condiciones que impone la carrera científica. De modo que actualmente la subjetividad científica de los investigadores en ciencias sociales tiene como fundamento común la interiorización de la necesidad de invertir un alto porcentaje del tiempo vital en la formación profesional. Ningún investigador entrevistado duda que los estudios de posgrado son una necesidad y en el mismo sentido se empieza a percibir el posdoctorado.

Por otro lado, el inicio del tercer milenio marcó hitos importantes en los tres países al nivel de las políticas públicas de la ciencia y la tecnología. No se puede hablar de reformas estructurales respecto a los sistemas de investigación, pero sí se han efectuado reformas sustantivas que han permitido la creación o consolidación de instrumentos y estímulos a la labor científica.

Después de una revisión del entramado normativo en cada país se puede decir que, pese a la particularidad de cada uno de los casos, los lineamientos generales allí estipulados correspondían con la situación global del momento.¹⁷ Es el caso de la noción de “innovación”, que se empezó a extender por gran parte del mundo occidental durante la década del 90, sin mucha referencia crítica a su introducción en los sistemas nacionales de la región.

27

Dos giros importantes —o “cambios de paradigma”, como mencionan Casalet y Casas (2000) y Pérez (2000)— se dieron en torno a la definición de las políticas CTI en los tres países (y en general en la mayoría de países de América Latina): el primero de ellos se efectúa a partir de la década del 90, cuando se empiezan a consolidar los sistemas nacionales de ciencia y tecnología bajo el paradigma económico del neoliberalismo. Durante esta década se implementaron leyes nacionales de ciencia y tecnología tendientes a enfocarse en la eficiencia, productividad y competitividad de los procesos científicos y tecnológicos. Para ello se buscó la integración de los sectores educativo y científico con el sector productivo en la implementación de las agendas nacionales, aprovechando las oportunidades y facilidades que ofrecían para ello las tecnologías de información y comunicación. Todo ello significaba que “al igual que lo han tenido que hacer muchos gerentes de empresa, sabiendo lo difícil y doloroso que es, la comunidad científica y tecnológica tiene que revisar, redefinir, reevaluar y repensar todas y cada una de las ideas que fueron desarrolladas sobre la Ciencia y la Tecnología en los años sesenta y setenta» (Pérez, 2000: 2).

17. Por ejemplo, es *sui generis* —dado el contexto de conflicto armado que vive Colombia— el Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Seguridad y Defensa que, junto con otros nueve programas, compone el conjunto de áreas de conocimiento estipuladas actualmente por Colciencias.

El segundo giro se da a partir de la primera década del 2000, periodo en el cual se tiende a cerrar aún más el vínculo a través de la denominada innovación, en donde la participación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico con la industria (específicamente con empresas de los sectores definidos como determinantes según las capacidades productivas nacionales) fue predominante en términos del deber-ser de las políticas públicas, pero también de las universidades y de los centros de investigación. Al respecto, Casalet (2007) menciona que los instrumentos creados por este tipo de políticas generaron una “masa crítica de conocimiento y competencias”, es decir, el conjunto de investigadores no solo se incrementó, sino que también adquirieron nuevas prácticas científicas que favorecieron la conformación de grupos y redes de trabajo y de investigación que a su vez abrieron nuevas posibilidades epistemológicas y metodológicas. A nivel institucional, la conformación de redes, consorcios, convenios y asociaciones temáticas y sectoriales (como el Sistema de Centros Públicos de Investigación de México o las Unidades Ejecutoras del Conicet) son instrumentos que incrementan las relaciones colaborativas y dan fuerza política a las comunidades científicas.

Por otra parte, la influencia de los lineamientos de organismos como el BID y el Banco Mundial fueron preponderantes y sus recomendaciones debieron ser incluidas en las reformas realizadas, pues se tenía la atadura de los préstamos hechos por dichos organismos.¹⁸ Por ejemplo, respecto al préstamo de 1979 del BID al Conicet, Adriana Feld menciona que “se concretó sobre la base de un acuerdo que regulaba tanto las modalidades y los criterios de formulación y evaluación de las políticas, como las agendas de investigación” (2015: 450). A pesar de esa fuerte influencia ejercida por organismos extranjeros, las comunidades científicas tuvieron diferentes niveles de participación e intervención en la definición de las políticas CTI. De acuerdo con Bagattolli *et al.* (2016: 195 y 196), la comunidad científica de Argentina ha tenido una alta incidencia en este aspecto desde los orígenes institucionales, mientras que en Colombia la comunidad científica no contaba con una organización que pudiera entablar debates y diálogos con el gobierno en la definición de las políticas públicas y la asignación de los recursos. Algo similar sucedió en México, donde la institucionalización científica, la definición de las políticas científicas y tecnológicas y la asignación del presupuesto estuvieron centradas en el poder federal.

Más allá de las singularidades de los procesos políticos y económicos vividos en cada país, hubo una tendencia general en cuanto al papel de la ciencia como eje de

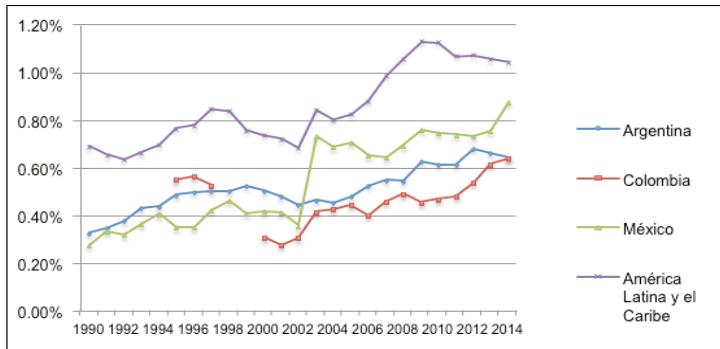
18. Durante el periodo comprendido entre las décadas de 1970 y 1990, el BID otorgó varios créditos a los ONCyT para el fortalecimiento de las capacidades en ciencia y tecnología; muchos de los montos asignados fueron utilizados para implementar los instrumentos que las políticas CTI habían establecido, lo cual generó un impulso a los sistemas nacionales. En México, entre 1977 y 1993 el BID realizó seis préstamos al Conacyt por un monto total de US\$ 387.400.000. Por su parte, el Banco Mundial también realizó un préstamo al Conacyt por US\$ 189.000.000 (Canales, 2007). En Argentina, se suscribieron cuatro préstamos con el BID entre 1979 y 1999 por un monto total de US\$ 362.000.000. Adicionalmente recibió por parte del Tesoro Nacional US\$ 85.000.000 en 1979 (Aguilar, Aristimuño y Magrini, 2015; Matharan y Feld, 2016). En Colombia, tres fueron los créditos BID otorgados a Colciencias entre 1983 y 1995, por un monto total de US\$ 330.200.000 (Jaramillo *et al.*, 2004). Como puede verse, fueron montos bastante elevados que impulsaron el sector en los tres países, pero a su vez generaron condicionamientos en el modo de concebir y practicar la investigación científica.

la modernización primero, y luego como motor del desarrollo económico que vendría a completarse con los procesos de innovación, sin los cuales no se podría dar el salto en el sector productivo que todos los países de la región buscan por igual. Es válido entonces concluir, de nuevo con Bagattolli *et al.*, que:

“Más allá de las diferencias en términos de la incidencia y perfil de la comunidad científica, lo que puede observarse son resultados similares en términos de las PCTI [políticas de ciencia, tecnología e innovación] efectivamente implementadas: institucionalidad, estrategias e instrumentos de política enfocados primordialmente en la oferta de conocimientos científicos y tecnológicos, al menos durante las primeras décadas del período en análisis. Solamente hacia fines de siglo XX, se observan acciones que complementan a las mencionadas, en algunos casos relacionadas a la aparición de otros actores (o a una diversificación de los investigadores involucrados). Las similitudes se mantienen hasta el período más reciente, durante el cual el énfasis en la innovación tecnológica empresarial, se refleja, por ejemplo, en las similitudes entre los instrumentos de promoción de la innovación muy similares adoptados en los países de América Latina” (2016: 198).

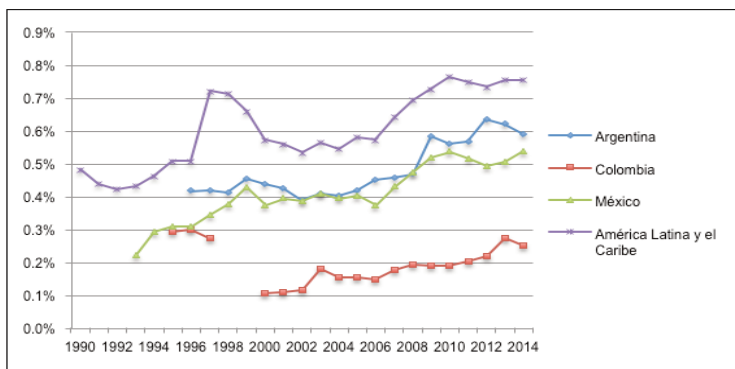
En el **Gráfico 3** se muestra el gasto en actividades de ciencia y tecnología (ACT) de los tres países en comparación con el conjunto de América Latina y el Caribe. Adicionalmente, el **Gráfico 4** muestra la misma relación para el gasto en investigación y desarrollo experimental (GIDE). Como se observa en los gráficos, ninguno de los tres países alcanzó la meta de inversión del 1% del PIB en ciencia y tecnología. Países como Brasil, Costa Rica y Cuba lograron dicha meta, aunque con importantes fluctuaciones a lo largo del corte temporal, producto de las crisis financieras internacionales y de las orientaciones de la política económica. Como mencionan Bértola y Ocampo, “los vaivenes más frecuentes y generalizados han estado asociados a la vulnerabilidad externa de las economías latinoamericanas y la volatilidad del crecimiento económico que ha resultado de ella” (2013: 317). Por ejemplo, la crisis de fin de siglo XX golpeó a los tres países generando una notable disminución en el gasto en tanto en ACT como en GIDE, como se aprecia en los dos gráficos mencionados. Una vez superada la crisis, alrededor de 2003, se inicia un proceso de incremento destacándose el caso de México, que por primera vez sobrepasa a Argentina.

Gráfico 3. Porcentaje del PIB en gasto en actividades de ciencia y tecnología (1990-2014)



Fuente: www.ricyt.org

Gráfico 4. Porcentaje del PIB en gasto en investigación y desarrollo experimental (1990-2014)



Fuente: www.ricyt.org

Ese incremento generalizado debe entenderse dentro del crecimiento económico relativamente estable que experimentó América Latina entre 2003 y 2008, periodo en el cual el crecimiento promedio del PIB de la región fue de 4.8%; esto también permitió dar continuidad a las políticas CTI puestas en marcha durante la década de 1990 (Sagasti, 2011: 162 y 163). Sería importante realizar un estudio sistemático que contraste estos datos con otros indicadores que permitan ver la relación entre los insumos y el desarrollo de algunas capacidades de investigación y producción de conocimientos generadas por los científicos.

Por otra parte, durante las décadas recientes las tecnologías de la información y comunicación han influido en las prácticas científicas y de producción de conocimientos de todos los investigadores entrevistados. Éstas son utilizadas cotidianamente para llevar a cabo las actividades de investigación a través de diversos softwares de análisis cuantitativo y cualitativo, también para organizar el trabajo colectivo con los grupos de investigación y para mantener comunicación con los miembros de las redes científicas. Indudablemente este tipo de tecnologías ha influido en las prácticas científicas de modo contundente acelerando, por ejemplo los procesos de recolección de información y análisis de los datos obtenidos. Hoy es casi impensable poder realizar investigación social sin ellas. Osorio (2014) ha llamado la atención sobre las formas de comunicación de las ciencias sociales y destaca que, hoy en día, tanto las herramientas de la web 1.0 (publicaciones electrónicas, e-mail y catálogos como Latindex, SciELO y Redalyc) como de la Web 2.0 (blogs, Facebook, Twitter, YouTube, entre otros) son ampliamente utilizados por los científicos y por las instituciones para mantener una comunicación permanente entre académicos y para la difusión de sus investigaciones y actividades.¹⁹ Entre los entrevistados, estas herramientas y sistemas de comunicación virtual son altamente utilizadas y definen de manera importante los ritmos y modos de sus procesos de investigación. En ese sentido, las subjetividades científicas de los investigadores entrevistados están atravesadas —de manera más o menos contundente, pero siempre presente— por las plataformas digitales; esta es una condición que sin temor a error se podría ampliar a todo el conjunto de investigadores sociales.

5. Disensiones entre los investigadores *junior* y *senior*

31

La idea de la diferenciación generacional se cimenta sobre las experiencias de cada investigador y se refuerza con el sentido colectivo que adquieren los cambios en las políticas públicas y en las formas de organización en la producción de conocimientos.

La manera en que se aprecia el modo de exposición de los resultados de investigación es un diferencial generacional: hay un desacuerdo sobre la calidad de las tesis de posgrado. Para los investigadores *senior* las tesis de maestría y doctorado que se realizan actualmente carecen de la calidad y, tal vez, de la rigurosidad con la que se hacían anteriormente (entre 20 y 30 años atrás). La explicación dada por algunos investigadores a esta situación es que el contexto de la constante auditoría académica que se desprende de los procesos de acreditación y la competitividad institucional por las posiciones en los rankings universitarios nacionales y regionales —los cuales impactan directa e indirectamente en el prestigio y en el acceso a recursos— han generado una práctica de beneplácito por graduar a estudiantes de posgrado con tesis que podrían tener mayor calidad. Del lado de los

19. Para una visión de cómo empezaron a impactar hace un par de décadas las tecnologías de la comunicación en la producción y difusión de los conocimientos científicos en América Latina, véase Cetto y Alonso (1999), particularmente la primera parte, denominada “La edición electrónica frente a la edición de papel”.

investigadores *junior*, la posición es diametralmente opuesta: consideran que las tesis que realizan los estudiantes de todos los niveles superan en calidad a las realizadas décadas atrás. Aducen que la competitividad entre pares propia de los sistemas educativos, las mayores posibilidades de acceso a la información que existen hoy en día a través de herramientas como la internet o los *softwares* de procesamiento y análisis de datos, y el mayor desarrollo de las metodologías, las técnicas y las teorías para la investigación social son condiciones que favorecen la calidad de las tesis que se presentan hoy. Dos perspectivas sobre un mismo punto. Dos tipos de experiencias definidas por las disposiciones contextuales. Más allá de quién tenga la razón (si es que alguien la debe tener), la generalización sobre la calidad de las tesis que cada postura hace es indicativo de la fabricación de una perspectiva académica de acuerdo con las experiencias propias. El despliegue de esa valoración es también el despliegue de una forma particular de asumir la producción de conocimientos.

El efecto de las políticas de ciencia y tecnología en las trayectorias y experiencias de los investigadores también han marcado una pauta en sus prácticas. Las constantes crisis financieras y recortes económicos que han afrontado las ciencias sociales han generado una práctica común en los investigadores *junior* referida a la búsqueda de otros tipos de financiación para sus proyectos y a la búsqueda de otros ingresos para su sustento vital. Se hace referencia, particularmente, a la realización de consultorías para el sector público y privado. Por otro lado, los investigadores *senior* solventan estos huecos económicos con la realización de asesorías para organismos nacionales e internacionales de renombre. En todo caso, en el mundo académico, según los mismos entrevistados, un asesor tiene mucho más prestigio y legitimidad que un consultor.

32

Efectos institucionales como la tercerización del trabajo, la contratación por horas o la baja asignación de horas para la investigación demarcan disposiciones subjetivas en las prácticas de los entrevistados. Mientras los *senior* gozaron —y gozan— de una estabilidad laboral gracias a las condiciones de entrada a las academias existentes en décadas anteriores, los *junior* tienen que competir por las mismas plazas con muchos más colegas igual o mejor formados y esforzarse más para no ser desplazados de dichas posiciones. Las posiciones vitalicias en las universidades hacen que muchos jóvenes investigadores tengan que dedicarse a la docencia *ad honorem* o por horas mientras logran un nombramiento. Esta situación se ha generalizado tanto que actualmente se asume como el curso natural de cualquier trayectoria académica.

La difusión de los resultados también tiene una impronta destacada según las generaciones. Aquí una multiplicidad de prácticas se conjuga para afrontar los desafíos y retos que se imponen a las academias como consecuencia de las políticas de publicación científica. Mientras que es común que los investigadores *junior* se enfoquen en publicar sus resultados en las revistas especializadas, los investigadores *senior* buscan, además, otros espacios de difusión como columnas de opinión en periódicos, artículos en plataformas digitales de los medios de comunicación o la creación de blogs y revistas electrónicas. Pero no hay que caer en confusiones: la difusión de los resultados de investigación sigue teniendo como prioridad, para todos

los investigadores, la publicación de artículos científicos en revistas indexadas. De ahí la idea de la configuración de “publicadores seriales” reseñada por un investigador entrevistado en Argentina, noción que se refiere a volcar la mayor cantidad de tiempo, esfuerzo y energía a publicar en las revistas indexadas con el fin de adquirir mayor puntaje en los procesos de evaluación sin importar la calidad de lo publicado.

Es importante mencionar que la tendencia a realizar trabajos colaborativos es una práctica estratégica que tiene su eco en la manera de asumir dicha estrategia. Por un lado, los investigadores *senior* se plantean la necesidad de realizar investigaciones colectivas como una manera de formar a las nuevas generaciones y, además, influenciar a sus discípulos en los temas y líneas de investigación trabajadas (sin contar los puntos que da cada dirección de tesis en los sistemas de evaluación). Por otro lado, los investigadores *junior* suelen participar en trabajos colectivos como una manera de insertarse en las academias y de lograr algún reconocimiento dentro de los grupos de investigación. Un factor que puede intervenir de manera determinante en la decisión de trabajar colaborativamente o de manera individual es el hecho de que los organismos nacionales de ciencia y tecnología (ONCyT) establezcan un modelo de evaluación a grupos o a investigadores. El primer caso es el de Colciencias, cuya evaluación y asignación de recursos para actividades de investigación se realiza a los grupos reconocidos por dicha entidad. Por otro lado, el Conacyt —a través del SNI— y el Conicet —a través de la carrera de investigador— evalúan a sus investigadores de manera individual. Esta diferencia es importante porque genera prácticas diferenciadas entre los investigadores, así como expectativas también distintas. Por ejemplo, los investigadores de Colombia no se sienten atraídos ni identificados a adquirir la categoría de investigador *senior* que otorga Colciencias porque no refleja la trayectoria científica ni da estímulos económicos, de tal manera que ser investigador *senior* en los términos de Colciencias no representa una ventaja simbólica ni material entre los investigadores sociales.

33

Contrario a lo que la *doxa* (el conocimiento a través del sentido común) indicaría, muchos de los investigadores *senior* entrevistados han emprendido un giro importante en sus trayectorias científicas incursionando en temas y líneas de investigación distintos a los que habían dedicado gran parte de sus vidas. Ya sea por agotamiento, por saturación o porque “ya no hay nada más importante que decir”, estos investigadores se han desarraigado de los temas con los cuales adquirieron reconocimiento y prestigio y se han abocado a la búsqueda de nuevas problematizaciones de interés para las ciencias sociales. Se podría pensar que la “zona de confort” que genera el hecho de ser expertos en ciertos temas los motivaría a mantenerse allí salvaguardando, a su vez, dicho prestigio. Sin embargo, la situación parece contraria y los deseos de innovar en temas/problemas parecen ser una constante en cierta etapa de la trayectoria. Habría que indagar si esto constituye una generalidad entre el conjunto de los investigadores sociales *senior* de los tres países estudiados o si simplemente es una singularidad presente en la población entrevistada. También sería interesante indagar si el giro se refiere únicamente a los temas de investigación o si también se refiere a los planteamientos metodológicos y los modos de investigar, lo cual supondría una transformación más radical en la producción individual de conocimientos.

Conclusiones

Se puede concluir, en primer lugar, que, a pesar de las vicisitudes de los acontecimientos biográficos, de las variaciones institucionales y de las mediaciones sociales en las trayectorias de los investigadores, se ha generalizado la apropiación de un *ethos* signado por el disciplinamiento hacia las actividades que impone el modelo actual de la producción de conocimientos. Lo anterior quiere decir que, a pesar de las críticas generalizadas al modelo, las prácticas científicas se han mantenido dentro de los parámetros establecidos; la puesta en práctica del modelo se traduce en la expresión “jugar el juego” que muchos entrevistados utilizaron para referirse al hecho de asirse (por ausencia de otra opción) a las reglas de los modelos de evaluación implementados por Colciencias, Conacyt y Conicet, aunque no estén de acuerdo con ellas. La sujeción, entonces, no es totalizante. Los investigadores comparten una importante crítica a la sobrevaloración e imposición a la publicación en revistas indexadas como único recurso de reconocimiento de la calidad de la producción científica.

Otros aspectos que se pueden plantear como visos de la similitud entre las prácticas de los investigadores son: la conformación de grupos de investigación más o menos efímeros con el fin de realizar proyectos de investigación muy específicos; la utilización de las nuevas herramientas informáticas para el desarrollo de actividades cotidianas; un fuerte rechazo a la realización de actividades administrativas por ser consideradas un obstáculo para la dedicación a la investigación; la importancia dada a la constitución de redes formales e informales, nacionales e internacionales; y el compromiso de los proyectos y actividades académicas a la evaluación del desempeño basado en resultados. Estas prácticas, referenciadas por los entrevistados, se constituyen en generalidades porque describen los lineamientos básicos bajo los cuales se estructuran los sistemas nacionales de ciencia y tecnología en todos los casos. La estructura es la misma, aunque los modelos se diferencian en la organización, funcionamiento y objetivos de los ONCyT.

Las trayectorias difieren, pero, debido a que los valores, actitudes y competencias generados actualmente por las academias y los ONCyT son los mismos en los tres casos, las experiencias de los investigadores sociales dentro del campo científico tienden a ser llamativamente similares y las subjetividades tienden a definirse bajo las mismas prácticas. Nos encontramos, entonces, ante una interesante paradoja pues, aunque el *ethos* de las ciencias sociales tiende a homogeneizarse, la *practice* de los sujetos se mantiene caracterizada por su multiplicidad. La idea que esto sugiere es que el actual modo de producción de conocimientos genera los sujetos requeridos para desarrollar el modelo científico, y no al contrario. Esos sujetos desarrollan ciertas particularidades y características que los diferencian de los investigadores sociales de épocas anteriores; de manera que las subjetividades científicas se van transfigurando históricamente. No se trata de categorizar un nuevo modo en la producción de conocimientos (diferenciado de los llamados Modo 1 y Modo 2), sino de comprender, a partir de la investigación empírica y revisitando las conceptualizaciones de algunos teóricos, la genealogía de las prácticas que caracterizan a los sujetos científicos de América Latina y de explicar sus particularidades con la construcción de algunas categorías propias.

En la investigación realizada se indagaron pautas experienciales que pudieron ser identificadas como comunes durante las entrevistas. Corresponden a construcciones subjetivas y objetivas que atraviesan la labor investigativa de todos los científicos entrevistados. En ese sentido, las experiencias desarrolladas ayudan a comprender, de modo general, la manera en la cual la producción de conocimientos se lleva a cabo en los países de nuestra región.

Más allá de las anécdotas y de las situaciones completamente singulares, las experiencias escapan a las biografías de los sujetos y configuran un complejo entramado de interacciones y de intercambios subjetivos en espacios institucionales concretos. De esta manera, el conjunto de experiencias y las relaciones que de ellas derivan se posicionan en el acervo cultural de las sociedades. Es ese sentido, se debe entender a las experiencias como una construcción social y, más concretamente, a las sociedades como un cúmulo de experiencias vitales que se tejen en los microespacios de la cotidianidad.

Bibliografía

AGAMBEN, G. (2011): “¿Qué es un dispositivo?”, *Sociológica*, año 26, n° 73, pp. 249-264.

AGUIAR, D.; ARISTIMUÑO, F. y MAGRINI, N. (2015): “El rol del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en la re-configuración de las instituciones y políticas de fomento a la ciencia, la tecnología y la innovación de la Argentina (1993-1999)”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, n° 29, vol. 10, pp. 11-40.

35

ALTBACH, P. (2001): *Educación superior comparada. El conocimiento, la universidad y el desarrollo*, Buenos Aires, Universidad de Palermo.

ARELLANO, A. (2015): “¿Puede la noción foucaultiana de dispositivo ayudarnos a eludir los resabios estructuralistas de la teoría del actor-red para avanzar en el estudio de la investigación tecnocientífica?”, *REDES*, vol. 21, n° 41, pp. 41-74.

ARELLANO, A. y KREIMER, P. (2011): *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina*, Bogotá, Siglo del Hombre Editores.

ÅKERLIND, G. (2009): “Postdoctoral research positions as preparation for an academic career”, *International Journal for Researcher Development*, vol. 1, n° 1, pp. 84-96.

BAGATTOLLI, C. *et al.* (2016): “Relaciones entre científicos, organismos internacionales y gobiernos en la definición de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en Iberoamérica”, en R. Casas y A. Mercado (coords.): *Mirada iberoamericana a las políticas de ciencia, tecnología e innovación: perspectivas comparadas*, Buenos Aires-Madrid, CLACSO-CYTED, pp. 187-219.

BÉRTOLA, L. y OCAMPO, J. (2013): *El desarrollo económico de América Latina desde la Independencia*, México DF, Fondo de Cultura Económica.

BOURDIEU, P. (2003): *El oficio de científico*, Barcelona, Anagrama.

BOURDIEU, P. (2008a [1984]): *Homo academicus*, México DF, Siglo XXI.

BOURDIEU, P. (2008b [1997]): *Los usos sociales de la ciencia*, Buenos Aires, Nueva Visión.

BRAY, Z. (2013): “Enfoques etnográficos”, en D. Della Porta y M. Keating (eds.): *Enfoques y metodologías de las ciencias sociales. Una perspectiva pluralista*, Madrid, Ediciones Akal, pp. 313-331.

CANALES, A. (2007): *La política científica y tecnológica en México: el impulso contingente en el periodo 1982-2006*, tesis, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales – Sede Académica de México.

CASALET, M. (2007): *Cambios en la gobernabilidad del sector CyT en México*, Santiago de Chile, CEPAL-GTZ.

CASALET, M. y CASAS, R. (2000): “La construcción institucional de redes de conocimiento en el nivel regional: su importancia para la definición de políticas públicas”, en R. Cordera y A. Ziccardi (coords.): *Las políticas sociales de México al fin del milenio. Descentralización, diseño y gestión*, México, DF, UNAM, Programa Editorial de la Coordinación de Humanidades, pp. 139-180.

CASTILLEJO, A. (2008): “De la nostalgia, la violencia y la palabra: tres viñetas etnográficas sobre el recuerdo”, *Nómadas*, n° 29, pp. 8-19.

CASTILLEJO, A. (2015): “Utopía y desarraigo”, *Papeles del CEIC*, vol. 2015/1, n° 121. CEIC (Centro de Estudios sobre la Identidad Colectiva), Universidad del País Vasco. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1387/pceic.13036>.

CETTO, A. y ALONSO, O. (1999): *Revistas científicas en América Latina*, París, International Council of Scientific Unions, México DF, UNAM, CONACYT, Fondo de Cultura Económica.

CHUAQUI, J. *et al.* (2012): *Microsociología y estructura social global*, Santiago de Chile, LOM Ediciones.

DAGNINO, R. (2008): “As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-América”, *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, vol. 1, n° 2, pp. 3-36.

DAGNINO, R.; THOMAS, H. y DAVYT, A. (1996): “El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria”, *REDES*, vol. 3, n° 7, pp. 13-51.

DUBET, F. (2006): *El declive de la institución. Profesiones sujetos e individuos ante la reforma del Estado*, Barcelona, Gedisa.

DUBET, F. (2010 [1994]): *Sociología de la experiencia*, Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas, Editorial Complutense.

DUBET, F. (2011): *La experiencia sociológica*, Barcelona, Gedisa.

DUBET, F. (2015): *¿Para qué sirve realmente un sociólogo?*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.

FELD, A. (2015): *Ciencia y política(s) en la Argentina, 1943-1983*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

GOFFMAN, E. (1997 [1959]): *La presentación de la persona en la vida cotidiana*, Buenos Aires, Amorrortu Editores.

HAMUI, M. (2016): "Ethos, estructura y trayectoria de los grupos de investigación", en E. Remedi y R. Ramírez (coords.): *Los científicos y su quehacer. Perspectivas en los estudios sobre trayectorias, producciones y prácticas científicas*, México DF, ANUIES, pp. 233-275.

JARAMILLO, H.; BOTIVA, M. y ZAMBRANO, A. (2004): "Políticas y resultados de ciencia y tecnología en Colombia", *Serie Documentos, Borradores de Investigación*, n° 50, Bogotá, Centro Editorial Universidad del Rosario.

37

JUNG, N. (2016): "Movilidad transnacional posdoctoral y la vida después de la movilidad. ¿Me regreso, me quedo, o mejor nunca me hubiera ido?", en R. Ramírez y M. Hamui (coords.): *Perspectivas sobre la internacionalización en educación superior y ciencia*, México DF, CINEVESTAV, IPN, RIMAC, pp. 221-263.

KLEICHE-DRAY, M. y VILLAVICENCIO, D. (2014): "Colaboración científica y estructuración de las ciencias en América Latina", *Cooperación, colaboración y movilidad internacional en América Latina*, Buenos Aires, CLACSO, pp. 9-16.

KREIMER, P. (2000): "Ciencia y periferia: una lectura sociológica", en M. Montserrat (comp.): *La ciencia en la Argentina entre siglos. Textos, contextos e instituciones*, Buenos Aires, Manantial.

KREIMER, P. (2007): "Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina: ¿para qué?, ¿para quién?", *REDES*, vol. 13, n° 26, pp. 55-64.

KREIMER, P.; VESSURI, H.; VELHO, L. y ARELLANO, A. (2014): "Introducción. El estudio social de la ciencia y la tecnología en América Latina: miradas, logros y desafíos", *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad*, México DF, Siglo XXI Editores/Foro Consultivo Científico y Tecnológico, pp. 7-27.

KREIMER, P. y THOMAS, H. (2004): “Un poco de reflexividad o ¿de dónde venimos? Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina”, en P. Kreimer, H. Thomas, P. Rossini y A. Lalouf (eds.): *Producción y uso social de conocimientos. Estudios de sociología de la ciencia y la tecnología*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes, pp. 11-89.

KUHN, T. (2013 [1962]): *La estructura de las revoluciones científicas*, México DF, Fondo de Cultura Económica.

LATOURETTE, B. (2001): *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona, Gedisa.

MATHARAN, G. y FELD, A. (2016): “La constitución del campo de la investigación petroquímica en la Argentina (1942-1983)”, en P. Kreimer (ed.): *Contra viento y marea. Emergencia y desarrollo de campos científicos en la periferia: Argentina, segunda mitad del siglo XX*, Buenos Aires, CLACSO, pp. 221-247D.

MÜLLER, R. (2014a): “Postdoctoral life scientists and supervision work in the contemporary university: a case study of changes in the cultural norms of science”, *Minerva*, vol. 52, n° 3, pp. 329-349.

PEDRAZA, Z. (2010): “La tarea subjetiva”, en A. Sánchez, F. Hensel, M. Zuleta y Z. Pedraza (comps.): *Actualidad del sujeto: conceptualizaciones, genealogías y prácticas*, Bogotá, Editorial Universidad del Rosario, pp. 11-18.

OSORIO, F. (2014): *Epistemología y ciencias sociales: ensayos latinoamericanos*, Santiago de Chile, LOM Ediciones.

PÉREZ, C. (2000): “Cambio de paradigma en política de ciencia y tecnología”, presentación en el Foro para la Cooperación Sur-Sur en CyT, PNUD, República de Corea, Seúl, 14-17 de febrero de 2000. Disponible en: <http://carlotaperez.org/downloads/pubs/Seoul-esp.pdf>.

REMEDY, E. y BLANCO, R. (2016): “Devenir científico. Prácticas marginales, instituciones transicionales y figuras de identificación en la conformación de trayectorias consolidadas”, en E. Remedy y R. Ramírez (coords.): *Los científicos y su quehacer. Perspectivas en los estudios sobre trayectorias, producciones y prácticas científicas*, México DF, ANUIES, pp. 385-412.

REMEDY, E. y RAMÍREZ, R. (2016): “Marcas de un proceso grupal en la constitución de un campo científico. El Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas (CUIB) de la Universidad de Colima”, *Los científicos y su quehacer. Perspectivas en los estudios sobre trayectorias, producciones y prácticas científicas*, México DF, ANUIES, pp. 307-356.

ROJAS, M. (2013): “Lo biográfico en la sociología. Entre la diversidad de contenidos y la necesidad de especificar conceptos”, en M. Tarrés (coord.). *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*, México DF, El Colegio de México, FLACSO, pp. 159-183.

SAGASTI, F. (2011): *Ciencia, tecnología, innovación. Políticas para América Latina*, Lima, Fondo de Cultura Económica.

SUÁREZ, H. y PIRKER, K. (2014): *Sociólogos y su sociología. Experiencias en el ejercicio del oficio en México*, México DF, UNAM.

TARRÉS, M. (2013): “Prólogo”: *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*, México DF, El Colegio de México, FLACSO, pp. 13-35.

THOMAS, H. (2010): “Los estudios sociales de la tecnología en América Latina”, *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, n° 37, pp. 35-53.

VELA PEÓN, F. (2013): “Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa”, en M. Tarrés (coord.): *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*, México DF, El Colegio de México, FLACSO, pp. 63-92.

VERSINO, M. (2004): “La producción de tecnología conocimiento-intensiva en países periféricos: herramientas teórico-metodológicas para su análisis”, en P. Kreimer, H. Thomas, P. Rossini y A. Lalouf (eds.): *Producción y uso social de conocimientos. Estudios de sociología de la ciencia y la tecnología*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes, pp. 243-262.

VESSURI, H. (2007): *O inventamos o erramos. La ciencia como idea-fuerza en América Latina*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

39

VESSURI, H. (2009): “Cambios recientes en la internacionalización de las ciencias sociales: la socialidad de redes impacta América Latina”, en S. Didou y E. Gérard (eds.): *Fuga de cerebros, movilidad académica, redes científicas. Perspectivas latinoamericanas*, México DF, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, Institut de Recherche pour le Développement, pp. 189-204.

VESSURI, H. (2011): “La actual internacionalización de las ciencias sociales en América Latina, ¿vino viejo en barracas nuevas?”, en A. Arellano y P. Kreimer (dirs.): *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina*, Bogotá, Siglo del Hombre Editores, pp. 21-55.

VESSURI, H. y CANINO, M. (2007): “Presentación. Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Algunos aportes recientes de la sociología en Venezuela”, *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, vol. 13, n° 1, pp. 87-90.

Cómo citar este artículo

GUZMÁN TOVAR, C. (2019): “Las ciencias sociales en América Latina desde las trayectorias y las experiencias científicas de sus investigadores”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 9-39.

A perspectiva CTS e a formação docente na visão de professores da educação básica brasileira *

La perspectiva CTS y la formación docente en la visión de profesores de educación primaria brasileña

The STS Perspective and Training of Brazilian Primary Education Teachers

João Paulo Fernandes e Guaracira Gouvêa **

A investigação que aqui desenvolvemos tem interesse em aspectos sobre a formação docente no contexto do ensino de ciências brasileiro. A pesquisa está inserida no projeto "Articulações no ensino de ciências a partir da perspectiva CTS na educação básica: desempenho de estudantes, práticas educativas e materiais de ensino". O objetivo dessa pesquisa é analisar as diferentes percepções e apropriações da perspectiva CTS que os professores construíram ao longo da participação no projeto. Apresentamos o relato de dois professores bolsistas e habilitados a lecionar disciplinas do ensino médio brasileiro. Optamos por uma abordagem interpretativa dos dados, baseada metodologicamente na análise de conteúdo. Foi possível observar, no discurso dos professores, prioritariamente, uma visão de CTS alinhada à perspectiva humanística, com a incorporação dos pensamentos do educador brasileiro Paulo Freire e também a abordagem de questões socialmente agudas. Os relatos dos professores foram positivos, tendo em vista que possibilitou, segundo suas falas, um momento de troca de experiências, reflexão da própria prática, trânsito em diferentes espaços de formação, contato com pesquisadores da área de educação em ciências e a possibilidade de explorar novos horizontes.

41

Palavras-chave: perspectiva CTS; ensino de ciências; formação docente

* Recepção do artigo: 25/01/2018. Entrega da avaliação final: 25/02/2018.

** *João Paulo Fernandes*: professor da licenciatura em física no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, Campi Petrópolis, e doutorando em educação em ciências pelo NUTES/UFRJ, Brasil. Correio eletrônico: jpaulof2001@yahoo.com.br. *Guaracira Gouvêa*: professora associada IV da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Brasil; docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação desta instituição; e pesquisadora credenciada-docente colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Correio eletrônico: guaracirag@uol.com.br.

La investigación que aquí desarrollamos se centra en la formación docente en el contexto de la enseñanza de ciencias brasileña. El estudio forma parte del proyecto "Articulaciones en la enseñanza de ciencias desde la perspectiva CTS en la educación primaria: rendimiento de estudiantes, prácticas educativas y materiales de enseñanza". El objetivo de esta investigación es analizar las diferentes percepciones y apropiaciones desde la perspectiva CTS que los profesores construyeron durante su participación en el proyecto. Presentamos el relato de dos profesores becados y capacitados para enseñar materias de la educación secundaria. Optamos por un enfoque interpretativo de los datos basado metodológicamente en el análisis de contenido. En el discurso de los profesores se pudo observar, en primer lugar, una visión de CTS alineada con la perspectiva humanística, con la incorporación de los pensamientos del educador brasileño Paulo Freire, y también el enfoque de cuestiones socialmente agudas. Los relatos de los profesores fueron positivos, teniendo en cuenta que con sus palabras posibilitaron un momento de intercambio de experiencias, reflexión sobre la propia práctica, tránsito en diferentes espacios de formación, contacto con investigadores del área de educación en ciencias y la posibilidad de explorar nuevos horizontes.

Palabras clave: perspectiva CTS; enseñanza de ciencias; formación docente

This research is centered on the elements of teacher education within the framework of Brazilian science teaching. It is part of the project "Key points from the STS perspective within primary education: student performance, educational practices and teaching material". It aims at analyzing the different perceptions and appropriations from the STS perspective that teachers built during their participation in the project. We submit the accounts of two teachers trained to teach in secondary school. We chose an interpretive approach of the data, which was methodologically based on content analysis. In the teachers' discourse, a vision of STS studies can be perceived as aligned with the humanistic perspective, with the incorporation of the philosophy of Brazilian educator Paulo Freire, and also with a focus on controversial social issues. The teachers' accounts were positive: their words allowed for a space for the exchange of experiences, a reflection on correct practices, an interchange between different teaching spheres, a contact with researchers of the science teaching sphere and the possibility of exploring new horizons.

Keywords: STS perspective; teaching science; teacher education

Introdução

A investigação que aqui desenvolvemos tem interesse em aspectos sobre a formação docente no contexto do ensino de ciências brasileiro, buscando a articulação entre a universidade e a escola de ensino básico com o enfoque na abordagem de aspectos sociais e as possíveis relações entre a ciência e a tecnologia.

A pesquisa está inserida no projeto “Articulações no ensino de ciências a partir da perspectiva ciência-tecnologia-sociedade (CTS) na educação básica: desempenho de estudantes, práticas educativas e materiais de ensino”. As instituições de ensino superior Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade de Brasília (UnB) integram tal projeto que é financiado pela CAPES, no contexto do Observatório da Educação – Edital CAPES N° 049/2012 (OBEDUC, 2012). Destacamos que cada instituição de ensino superior tinha autonomia, realizando diferentes formas de ação junto às escolas participantes.

Os professores convidados para participar da pesquisa atuam na rede pública de ensino do Estado do Rio de Janeiro, em uma escola situada no município de Niterói, tendo como núcleo a UFRJ. Esses professores participaram de um conjunto de atividades que incluíam reuniões de estudos sobre a temática CTS, discussões sobre a prática docente e planejamento de atividades que foram desenvolvidas em sala de aula. Foi proposto, no contexto do projeto ao longo de 12 meses com os professores da educação básica, um trabalho participativo valorizando a interação entre a universidade e a escola. Foram realizadas oficinas de formação nas escolas de atuação dos professores e o desenvolvimento e acompanhamento de propostas didáticas nas aulas de ciências.

43

O objetivo central dessa pesquisa é analisar as diferentes percepções e apropriações da perspectiva CTS que os professores construíram ao longo de sua participação no projeto. Assim, pretendemos, ao final deste artigo, responder às seguintes questões de pesquisa: 1) quais são os significados atribuídos pelos professores em relação à abordagem CTS; e 2) como se materializou a apropriação das perspectivas teóricas no contexto do desenvolvimento de atividades em sala de aula.

Tendo como base a pesquisa qualitativa, optamos por uma abordagem interpretativa dos dados recolhidos. Utilizamos como método de construção de dados entrevistas semiestruturadas. A análise de conteúdo (AC), proposta por Laurence Bardin, em uma edição de seu livro publicada no ano de 2011, nos auxiliou no processo de análise, o que incluiu a organização no material recolhido, a interpretação e a inferência a partir das análises realizadas tendo como base a discussão teórica fundamentada nas perspectivas que adotamos no presente artigo.

Neste trabalho, apresentamos o relato da participação de dois professores bolsistas e habilitados a lecionar disciplinas do ensino médio brasileiro. Inicialmente, os professores foram apresentados a esta pesquisa e seus objetivos. Os professores tiveram acesso ao termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) que os informou sobre os aspectos da pesquisa, sua participação e resguardo de sua

privacidade, atribuindo nomes fictícios aos participantes. Após a assinatura e autorização, os professores foram entrevistados e, posteriormente, as entrevistas foram transcritas, analisadas e interpretadas.

Iniciamos o presente artigo abordando os aspectos teóricos sobre a perspectiva CTS que embasaram nossa análise, apresentando algumas vertentes e abordagens no âmbito brasileiro e de outros países. Em um segundo momento, apresentamos a metodologia empregada na pesquisa e o caminho percorrido ao longo do seu desenvolvimento. Em um terceiro momento, analisamos e elaboramos inferências com base na discussão teórica e metodológica realizada anteriormente e, por último, apresentamos algumas conclusões e reflexões a partir das inferências realizadas.

1. A perspectiva CTS e o ensino de ciências

A perspectiva ciência-tecnologia-sociedade surgiu em meados da década de 1970 como um movimento de renovação curricular, tendo como principal foco promover a discussão dos objetivos da formação científica e tecnológica nas escolas, os processos que envolvem o ensino e aprendizagem de ciências, a formação dos professores e o desenvolvimento de políticas públicas educacionais (Aikenhead, 2003 e 2009).

Tendo como base discussões, no campo acadêmico, sobre questões da natureza da ciência, o movimento CTS foi se constituindo no ensino. É importante destacar também que a discussão dos problemas socioambientais, alertados pelos movimentos ambientalistas e sociais, assim como os trabalhos acadêmicos no campo da filosofia e da sociologia da ciência, constituem os pressupostos do ensino baseado na perspectiva CTS.

A perspectiva CTS tem merecido bastante atenção nos últimos anos no ensino de ciências, pois apresenta alta relevância social e cultural (Cachapuz *et al.*, 2008). Devemos considerar também as crescentes tentativas do desenvolvimento deste tema em escolas e em práticas de ensino. Estas são incorporadas por meio de propostas curriculares, problematizando aspectos que antes não eram discutidos dentro do contexto da ciência e da tecnologia.

De acordo com Garcia *et al.* (1996), a perspectiva CTS apresenta-se em termos globais de duas formas distintas. A primeira a se considerar é a Norte-Americana, a qual apresenta como sua principal característica fazer uma abordagem das consequências sociais geradas por inovações tecnológicas, assim como suas influências sobre a forma de vida dos cidadãos e das instituições.

A segunda é a Linha CTS Europeia. Tal visão possui grande ênfase na dimensão social que antecede um determinado desenvolvimento científico ou tecnológico, evidenciando diversos fatores, dentre eles, econômicos, políticos, culturais e ambientais que participam do nascimento das teorias científicas que, por sua vez, contribuem para que seja desenvolvida uma nova tecnologia ou até mesmo para o seu aprimoramento (Garcia *et al.*, 1996).

Dagnino (2008), em um amplo estudo sobre CTS e política científica e tecnológica na Ibero-América, indica uma terceira abordagem do tema, no caso, a abordagem baseada no pensamento Latino-Americano em ciência-tecnologia-sociedade (PLACTS), destacando que o PLACTS nasceu a partir dos pensamentos norte-americanos e europeus, sendo inserido dentro do contexto de cada país.

Não podemos desprezar a questão ambiental que está relacionada com o desenvolvimento científico e tecnológico e que, ao longo do tempo, vem ganhando força dentro da discussão em CTS. Pela sua importância e destaque, alguns autores (Vilches e Perez, 2011; Santos, 2011) passam a usar a sigla CTSA, com o objetivo de evidenciar os problemas socioambientais.

É importante destacar a preocupação de autores brasileiros no desenvolvimento de atividades pautadas na perspectiva CTS, com a articulação de questões morais e éticas nas discussões que envolvem aspectos da ciência e da tecnologia. Dentre essas abordagens, podemos citar a perspectiva freiriana de Auler e Delizoicov (2006) e a visão humanística, que também prioriza tais aspectos e que é desenvolvida por Santos (2007), ambas com o objetivo de promover uma formação voltada para a emancipação dos sujeitos.

Apontamos também, em uma discussão embasada na perspectiva CTS, a ênfase na abordagem de temas sociocientíficos no contexto do ensino de ciências (Santos e Mortimer, 2009; Reis, 2013; Reis, 2014). Tal abordagem envolve questões referentes à ciência e à tecnologia com grande impacto na sociedade.

45

Segundo Santos e Mortimer (2009), o desenvolvimento dos temas sociocientíficos no ensino de ciências apresenta, entre seus objetivos, o de estimular a tomada de atitudes e valores em uma perspectiva humanística. Nessa mesma perspectiva, podemos citar os trabalhos de Auler e Delizoicov (2001) e de Coelho e Marques (2007), que incorporam ao currículo as discussões de aspectos relacionados a valores e reflexões críticas, proporcionando uma educação em que os alunos possam refletir sobre sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologia.

Segundo Santos, Amaral e Maciel (2012), os aspectos sociocientíficos são abordados a partir da perspectiva ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e, segundo os autores, a proposta curricular envolvendo as relações CTS corresponde, assim, a uma integração entre educação científica, tecnológica e social. Nessa integração, os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados em conjunto, com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos.

Reis e Galvão (2005) abordam o aspecto das controvérsias sociocientíficas. Tal abordagem está relacionada à compreensão da natureza da ciência e da sua relação com a sociedade e a cultura. Além disso, podemos perceber que o referencial CTS é fortemente citado pelos autores, sendo utilizado, também, como referencial teórico-metodológico.

Simonneaux e Simonneaux (2012) se utilizam da expressão *questions socialement vives*. Segundo os autores, principalmente na literatura inglesa, a abordagem de QSC

traz consigo a noção de questões socialmente agudas ou questões socialmente vivas, sendo afirmado que, talvez, essa noção seja mais proativa que a noção de QSC, considerando-a como uma noção francesa para a abordagem das QSC.

A abordagem de questões socialmente agudas (QSA) e a abordagem QSC possuem em comum o potencial para o desenvolvimento de perguntas abertas no contexto de problemas não estruturados e integram o conhecimento na área de ciências humanas. O ensino baseado em QSA tem por objetivo enfatizar o grau de “agudeza” de uma determinada questão no mundo da pesquisa e/ou sociedade, contribui para o letramento científico e integra análises de risco, análise de padrões de política e governança econômica, tomada de decisão e ação no campo social (Simonneaux e Simonneaux, 2012).

Outro ponto relevante no ensino baseado em QSA é a integração da dimensão ambiental ao contexto do ensino de ciências e isso inclui a discussão de aspectos relacionados ao desenvolvimento econômico sustentável, conservação ambiental, poluição, entre outros. Essa abordagem se aproxima do conceito de CTS, revisitado por Hodson (2003), que integra a dimensão ambiental (A), surgindo, assim, a expressão ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA). Segundo Simonneaux e Simonneaux (2011), tanto a abordagem de QSA quanto a CTSA possuem os mesmos objetivos.

46

São características de um tema sociocientífico: relacionar-se à ciência; envolver formação de opinião e escolhas; ter dimensão local, nacional ou global; envolver discussão de valores e ética; estar relacionado à vida; envolver discussão de benefícios, riscos e valores; entre outras (Ratcliffe e Grace, 2003). Assim, a abordagem de temas tem sido sugerida para vincular o conhecimento científico à tecnologia e às questões sociais e ambientais, buscando dar significado e relevância ao conteúdo científico (Mundin e Santos, 2012).

Ressaltamos que o enfoque CTS pretende promover uma formação para a cidadania e tomada de decisão, possibilitando, assim, a construção de conhecimentos e embasamento teórico, contribuindo para que o indivíduo possa estar apto a inferir sobre questões da ciência e da tecnologia que influenciam diretamente a sociedade e o ambiente onde vive, congregando uma diversidade de discussões teóricas sobre tais aspectos.

2. O método de Investigação

Nosso método de investigação é baseado na análise de conteúdo (AC) proposta por Laurence Bardin em uma edição de seu livro publicada no ano de 2011. Apresentaremos aqui três momentos que foram delineados no contexto de uma investigação qualitativa baseada na AC.

Podemos afirmar que a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações (Bardin, 2011). A análise de conteúdo surge no início do século XX, nos Estados Unidos, com o objetivo essencial de analisar materiais jornalísticos.

A escola de jornalismo de Columbia (EUA) dá o pontapé inicial, multiplicando, assim, os estudos quantitativos sobre jornais daquela época. Desencadeia-se um fascínio pela contagem e pela medida (superfície dos artigos, tamanho dos títulos, localização da página).

De maneira bem genérica, a análise de conteúdo, em sua metodologia, segundo Bardin (2011), está relacionada à superação da incerteza e consiste em analisar o que realmente está contido em uma determinada mensagem. Aspectos relacionados ao enriquecimento da leitura, analisar o verdadeiro propósito da mensagem e descrever os mecanismos e informações que, a princípio, com uma leitura superficial, não compreendemos, também estão entre os objetivos da AC.

Nosso corpus de pesquisa foi composto por entrevistas semiestruturadas realizadas com os professores bolsistas do projeto OBEDUC (2012), sendo que as mesmas foram gravadas em áudio, identificadas e nomeadas com data e local de realização. As entrevistas foram orientadas a partir de um grupo de questões abertas, com o objetivo de buscar uma maior fluidez e também com o intuito de responder aos questionamentos apresentados no início deste artigo.

Realizadas as entrevistas, as mesmas foram transcritas, buscando reproduzir, com fidelidade, tudo que foi dito, sem cortes nem acréscimos e respeitando as estruturas de transcrição adotadas na escrita acadêmica. Nesse sentido, as regras e critérios para a transcrição das entrevistas serão baseadas em Manzini (2006).

As entrevistas foram devidamente transcritas e organizadas na forma de um quadro com três colunas, sendo que a primeira coluna representa a codificação do trecho da entrevista a ser analisada. A codificação foi realizada da seguinte maneira: nome fictício do sujeito da pesquisa, seguido do número da entrevista e o registro do tempo em que se iniciou.

Na segunda coluna, podemos observar a unidade de registro que representa a expressão definidora do trecho da entrevista a ser analisado, o que é definido por Bardin (2011) como o seguimento de conteúdo considerado como uma unidade base, podendo ser uma palavra, uma palavra-chave, frase ou tema, tendo em vista um conjunto de categorias. A unidade de registro é baseada num conjunto de categorias previamente definidas a partir dos estudos em CTS realizados. Essas categorias nos auxiliaram na identificação, no corpo do texto, das unidades de registro e, por sua vez, das unidades de contexto. Além disso, nos deram subsídios teóricos para inferir sobre o material selecionado para a análise.

A terceira coluna indica a unidade de contexto que corresponde ao seguimento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exata da unidade de registro, sendo este considerado como toda a fala transcrita e selecionada para ser interpretada e analisada, escolhida com base na unidade de registro. Abaixo, podemos observar um exemplo de fala retirada da entrevista, devidamente organizado e codificado de acordo com a AC:

Quadro 1. Exemplo de fala a ser analisada

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [0:15:41.15]	Temas socialmente agudos	<i>... a coisa do planejamento participativo, pra pensar os temas socialmente agudos, isso é extremamente importante e eu acho que é a essência do que Paulo Freire entendia e estudava, você precisa dialogar, na medida em que não há essa dialogicidade o professor fica sozinho na escola e ele que tem que depositar o saber na cabeça dos alunos, como muitos entendem, essa perspectiva, ela é altamente destrutiva...</i>

Apresentamos aqui o conjunto de categorias de análises baseado no campo teórico da perspectiva CTS. Tais categorias nos auxiliaram a entender como foi estabelecido o processo de apropriação, tanto no campo teórico da discussão da perspectiva CTS, como na materialização de tais conceitos no desenvolvimento de atividades em sala de aula. Abaixo, apresentamos o conjunto de categorias de análise:

Quadro 2. Categorias de análise

Categoria	Descrição
CTS clássico (Aikenhead, 1994; Santos e Mortimer, 2001)	Aikenhead (1994) dedicou-se a analisar diferentes propostas curriculares baseadas no enfoque CTS, em vários países do mundo. Tais materiais possuíam, em sua maioria, estruturas organizadas segundo a seguinte sequência: 1) introdução de um problema social; 2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; 3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; 4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado; 5) discussão da questão social original.
	Segundo Santos e Mortimer (2000), o currículo com ênfase em CTS tem como objetivo central preparar os alunos para o pleno exercício da cidadania e caracteriza-se pela abordagem do conteúdo científico no seu contexto social. Isso reforça a ideia de que o ensino baseado na perspectiva CTS deve oferecer ao aluno uma formação crítica e cidadã (Santos e Mortimer, 2001).
CTS em uma perspectiva humanística/freiriana (Santos, 2007; Auler e Delizoivov, 2006);	Nesse processo, buscar-se-á o desenvolvimento de atitudes e valores aliados à capacidade de tomada de decisões responsáveis diante de situações reais. Isso pode ser desenvolvido em uma abordagem temática que, à luz da perspectiva de Paulo Freire, vise à mediatização dos saberes por uma educação problematizadora, de caráter reflexivo, de arguição da realidade, na qual o diálogo começa a partir da reflexão sobre contradições

Categoria	Descrição
	básicas de situações existenciais, consubstanciando-se na educação para a prática da liberdade (Santos, 2007). Essa teorização propõe balizar encaminhamentos curriculares, enraizados no contexto latino-americano, na educação em ciências mais abertos frente a problemas contemporâneos fortemente marcados pela dimensão em C&T, assim como contribuir para a constituição de uma cultura de participação, de engajamento em processos decisórios que envolvam C&T (Auler e Delizoicov, 2006).
“Enxertos” CTS (Auler, 2003);	CTS nas disciplinas de ciências consiste em apresentar a ciência de modo usual e fazer alguns acréscimos CTS. Podem-se mencionar conteúdos CTS para tornar mais interessantes os temas puramente científicos ou complementar os conteúdos científicos com breves estudos CTS específicos. Exemplifica este grupo o Projeto SATIS (Inglaterra), cujas unidades, constituintes do mesmo, podem ser facilmente integradas nos currículos de ciências existentes (Auler, 2003).
CTSA (Vilches e Perez, 2011; Santos, 2011).	Enfoque sobre os efeitos ambientais provocados pelo contexto sócio-histórico da CT. O uso deste termo demonstraria o compromisso do movimento com a educação para o desenvolvimento sustentável (Vilches e Perez, 2011). Santos (2011) defende que, desde a sua origem, a educação CTS incorpora implicitamente os objetivos da EA, pois o movimento CTS surgiu com uma forte crítica ao modelo desenvolvimentista que estava agravando a crise ambiental e ampliando o processo de exclusão social.
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos sociocientíficos (Santos e Mortimer, 2009); - Controvérsia sociocientífica (Reis e Galvão, 2008); - Questões sociocientíficas e questões socialmente agudas (Sadler, 2004; Ziedler, Sadler, Simmons e Holmes, 2005; Simonneux e Simonneux, 2012) 	<p>Temos traduzido os chamados socioscientific issues (SSI) por aspectos sociocientíficos (ASC), pois entendemos que questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e à tecnologia são inerentes à atividade científica e que a sua abordagem no currículo pode ser feita: de forma temática, no sentido de tópico ou assunto amplo em que essas questões estão imbricadas (ex: poluição ambiental, transgênicos, recursos energéticos etc.); ou de forma pontual, com exemplos de fatos e fenômenos do cotidiano relativos a conteúdos científicos que ilustram aplicações tecnológicas envolvendo esses aspectos; ou ainda por meio de questões dirigidas aos estudantes sobre esses mesmos aspectos (Santos e Mortimer, 2009);</p> <p>A abordagem de questões sociocientíficas controversas estão centradas na discussão das concepções dos alunos acerca das controvérsias sociocientíficas e das interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, sendo este um aspecto conceitual fundamental para o ativismo social e para a promoção de problemáticas que estimulem a discussão e tomada de decisão acerca das potencialidades e limites do conhecimento científico e tecnológico (Reis e Galvão, 2008);</p> <p>A abordagem sociocientífica tem como objetivo não servir apenas como um contexto para a aprendizagem da ciência, mas como uma estratégia pedagógica com objetivos mais bem definidos, contribuindo assim para uma maior reflexão dos temas científicos e questões sociais (Sadler, 2004).</p>

Com o conjunto de categorias definidas e as entrevistas transcritas e organizadas de acordo com a análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), iniciamos a próxima etapa, no caso, a realização da análise das entrevistas que está apresentada a seguir.

3. Resultados: a análise das entrevistas

Tendo em vista o objetivo dessa investigação e também com o intuito de responder nossas questões de pesquisa, subdividimos a análise em dois momentos. No primeiro, analisamos o processo de apropriação da perspectiva CTS tendo em vista a contribuição do projeto OBEDUC, apontando impressões, abordagens teóricas e metodológicas e os aspectos de maior relevância que foram possíveis de identificar na fala dos professores com o auxílio das categorias teóricas já definidas.

No segundo momento, analisamos os aspectos relevantes incorporados que contribuíram para o desenvolvimento das propostas em sala de aula no contexto temporal de sua participação no projeto e na sua prática cotidiana em sala de aula.

3.1. A apropriação da perspectiva CTS

Iniciamos as entrevistas com uma apresentação da pesquisa, expondo os objetivos e interesses. Enfatizamos também a importância da participação e reforçamos que todos os dados seriam utilizados exclusivamente para a pesquisa, além de ser assegurada a preservação da identidade de todos os participantes. Em seguida, foi pedido aos professores que fizessem uma breve exposição da sua formação acadêmica e atuação profissional.

Nesse primeiro momento, iniciaremos a análise apresentando os professores a partir de suas próprias falas, destacando o período de participação no projeto, sua formação acadêmica e a disciplina que leciona. Em seguida, realizamos as análises com base nas categorias.

3.1.1. O Professor Eduardo

O professor Eduardo, que atua com a disciplina de ciências, no contexto do segundo ciclo do ensino fundamental, e biologia, no contexto do ensino médio no ensino regular e de jovens e adultos, participou do projeto ao longo dos anos de 2014 e 2015 e já participou de uma série de projetos que articulam a universidade e a escola. É licenciado em Biologia e possui mestrado na área de ensino de biologia.

Iniciamos o conjunto de questões perguntando sobre as representações da tríade CTS, destacamos a seguinte fala:

Quadro 3. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [0:22:30.10]	Aspecto emancipatório	<i>... é... foi importante, né... o “tecendo redes” então hoje eu penso que a gente tem que valorizar muito mais a educação sobretudo no seu aspecto emancipatório, né... porque tanto a ciência, a tecnologia, a sociedade ela está posta para favorecer alguns poucos então eu não penso que há gente pensando a ciência, pra... sim, é claro que há... mas a maioria está ai pra estabelecer conhecimentos individuais ou pra aumentar poder de alguns poucos e poucos estão para socializar o conhecimento, tanto é que as revistas científicas são caras e não há muita preocupação em divulgação científica a não ser pelo poucos heróis que existem como a ciência em tela, como outras revistas que são gratuitas e que são realmente disponíveis pra qualquer um. Essa é junção principal entre a ciência, a tecnologia e a sociedade que eu faço....</i>

Neste primeiro momento, ao ser questionado sobre a abordagem CTS, foi possível identificar, em sua fala, como é importante uma abordagem que contribua para aspectos emancipatórios e de interesses, tanto individuais, quanto coletivos. Ao trazer a discussão teórica e apontar nossas categorias, é possível identificar uma articulação com os pensamentos de Santos (2007) e sua visão de CTS em uma perspectiva humanística também com a incorporação dos pensamentos de Paulo Freire em suas discussões.

Quando perguntado sobre o processo de planejamento de suas atividades no contexto de uma abordagem CTS, o professor Eduardo apresenta o seguinte argumento:

Quadro 4. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [0:37:28.13]	a tecnologia, a ciência e sociedade	<i>... eu penso que a tecnologia, a ciência e sociedade é indissociável, a gente não pode separar, estão todos ligados e todos se articulam conjuntamente...</i>

O professor Eduardo, ao afirmar que os aspectos tecnológicos, científicos e sociais são indissociáveis, nos indica certa maturidade de apropriação desta teoria que possui como base essa tríade. O que poderia ser mais problematizado era justamente a forma como é possível essa articulação em sala de aula, porém, a escolha do tema a ser trabalhado e a metodologia de abordagem desse tema pode nos auxiliar a responder essa questão. O trecho a seguir nos indica alguns indícios dessa relação indissociável.

Quadro 5. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.3. [0:31:03.27]	Movimento CTS; emancipação	<i>... ai o meu papel, hoje, né... né... na escola, é justamente dizer "olha, a ciência , a fotossíntese, a gente não tem que aprender fotossíntese em si, a gente tem que aprender a fotossíntese pra discutir o acúmulo de carbono na atmosfera, né, produzido pelas grandes empresas, multinacionais", não é discutir a questão da poluição que o ônibus causa, mas sim, discutir a poluição de uma forma mais global, porque nós estamos arcando com esses custos, né... não tivemos nenhum bônus nesse sentido, né, né, mas a gente tem que discutir esses ônus, é... e assim, a emancipação pra mim, ela é o cerne do movimento CTS...</i>

52

Esse trecho reforça a visão do professor Eduardo de um movimento CTS numa perspectiva freiriana/humanística (Santos, 2007; Auler e Delizoivov, 2006), principalmente ao citar que a emancipação é o cerne do movimento CTS. Outro ponto destacado por Eduardo é a articulação de um conteúdo científico com questões de cunho social, reforçando a abordagem de aspectos que envolvem o meio ambiente, aproximando-se da discussão teórica de Vilches e Perez (2011) e Santos (2011).

Outro ponto de relevância é a integração dos temas trabalhados com outras disciplinas, o que auxilia na abordagem tendo em vista a complexidade dos temas que normalmente são bordados. Santos (2001) já enfatiza a importância do caráter interdisciplinar da abordagem CTS e o trecho abaixo nos remete a este ponto também:

Quadro 6. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.4. [0:31:03.27]	Emancipação; modificar; interdisciplinaridade	<i>... mas de aulas que visem a emancipação, por quê? Se a gente não estudar, a gente tá, assim, concordando, concordando não é bem o termo, mas é... está dentro da lógica que a gente tem que conformar os alunos pra essa sociedade e não para ele modificar, então os alunos mais rebeldes, que pensam fora da caixinha, são tidos como hiperativos ou que... não estão de acordo com o sistema, que atrapalham, então a gente tem que cada vez mais buscar juntar as coisas, juntar lá a matemática, o que a matemática pode ajudar a física, o que a física pode ajudar, a química, a biologia, a geografia, pensar que tem tudo a ver com a interdisciplinaridade.....</i>

Podemos observar também uma nova referência ao termo emancipação, no sentido de uma formação que proporcione uma visão crítica do que está sendo apresentado, com o objetivo de questionar principalmente a sociedade onde vive e indo além do questionamento, com o intuito de modificá-la quando não atende aos interesses comuns.

53

Para se trabalhar o tema escolhido nas aulas, o professor Eduardo optou pela estratégia do debate simulado, apresentada pelo grupo e comumente utilizada na abordagem de temas controversos com o objetivo de estimular a discussão a partir de dois pontos de vista: grupos a favor dos alimentos transgênicos e grupos contra. Uma das críticas realizadas pelo próprio professor é que essa polarização não aconteceu da forma como ele esperava e ele mesmo atribui esta constatação devido a sua influência no posicionamento.

Quando perguntado sobre o seu entendimento do que é uma questão sociocientífica, podemos observar o seguinte trecho:

Quadro 7. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [01:00:40.14]	Questão sociocientífica; conhecimento científico; problema (social)	<i>... Uma questão sociocientífica é... é um problema... que está relacionado a um modo de vida ou um modo de entender né... é... uma determinada situação e que envolve o conhecimento científico... uma questão sociocientífica, está relacionada a um problema (social).</i>

O conceito de QSC apresentado pelo professor Eduardo se aproxima do próprio conceito que é trabalhado na relação teórica fundamental da perspectiva CTS, já que esta busca articular os conhecimentos científicos a uma temática de relevância social.

No texto que segue abaixo, é possível identificar uma citação explícita que se refere a “temas socialmente agudos”, fortemente presente nos estudos baseados nas QSC desenvolvidas por Simonneaux e Simonneaux (2012), que se utilizam da expressão *questions socialment vives* considerando esta como uma perspectiva francesa para a abordagem das QSC.

Segundo Simonneaux e Simonneaux (2012), principalmente na literatura inglesa, a abordagem de QSC traz consigo a noção de questões socialmente agudas ou questões socialmente vivas, sendo afirmado que talvez essa noção seja mais proativa que a noção de QSC.

Quadro 8. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [0:15:41.15]	Temas socialmente agudos	<i>... a coisa do planejamento participativo, pra pensar os temas socialmente agudos, isso é extremamente importante e eu acho que é a essência do que Paulo Freire entendia e estudava, você precisa dialogar, na medida em que não há essa dialogicidade, o professor fica sozinho na escola e ele que tem que depositar o saber na cabeça dos alunos, como muitos entendem, essa perspectiva, ela é altamente destrutiva...</i>

54

O professor Eduardo inicia esse trecho ao ser perguntado sobre os temas e como esses temas foram organizados. Assim, podemos observar que essa menção traz consigo uma relação com os pressupostos do educador brasileiro Paulo Freire, priorizando o caráter dialógico no contexto do planejamento das atividades que articulam aspectos científicos, tecnológicos e sociais.

Quando perguntado sobre o que seriam esses temas socialmente agudos e como eles surgem, o professor Eduardo responde:

Quadro 9. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [01:15:35.15]	socialmente aguda	<i>... ela não aparece... ela está aí na sociedade, ela está... seja através dos transgênicos, dos agrotóxicos, embora a sociedade é... assim... a sociedade capitalista tenta apaziguar isso “não nenhum problema e tal” mas o problema a gente sente na pele, a gente sente na vida precária das pessoas, na falta de saúde na falta de... é... perspectiva de vida, na ausência de felicidade, então ela se torna socialmente aguda na medida em que ela rivaliza com as “diferentes” mecânicas de conformação ou de emancipação que envolvem a sociedade, então o agrotóxico é um tema socialmente agudo porque ele afeta diretamente a saúde de algumas pessoas, não de todas, porque têm pessoas que só comem alimentos orgânicos, só que essa pessoa que come alimentos orgânicos, ela tem um condição de vida é... financeiramente, que possibilita ela a comprar o orgânico, seja por uma facilidade de transporte ou de... financeiro, uma série de coisas e isso tem a ver com a luta de classes...</i>

55

Nesse trecho, é possível observar a maturidade com relação ao tema que o professor Eduardo pretende trabalhar e que sua prioridade é discutir uma temática social articulada a aspectos científicos. É possível identificar a relação política, socioeconômica e ética, pontos de grande relevância nos referenciais com os quais trabalhamos nesta pesquisa. Quando pensamos na abordagem QSC, conceituada por Santos e Mortimer (2009), a abordagem de aspectos da natureza da ciência, éticos, culturais e políticos são de fundamental importância e, apesar de essas questões não serem observadas no trecho acima, estão presentes na fala do professor Eduardo ao longo da entrevista.

3.1.2. A professora Rita

A entrevista 2 foi realizada com a professora Rita, que atua na rede pública de ensino do Estado do Rio de Janeiro, possuindo duas matrículas no estado, lotada em uma delas no município de Niterói e, na outra, no município de São Gonçalo, lecionando as disciplinas de língua portuguesa, produção textual e literatura há mais de 20 anos.

A sua formação básica foi feita na UFF (Universidade Federal Fluminense), em 1994, no curso de licenciatura em letras e é pós-graduada em mídias da educação, curso este dirigido a professores que queriam aperfeiçoar o domínio do uso das mídias e do uso de computação no contexto educacional. Em sua descrição, afirma que já realizou vários cursos de formação continuada oferecidos pelo Estado e

também em outras instituições, participando do projeto entre os anos de 2014 e 2015. Iniciamos a entrevista da professora Rita perguntando sobre a perspectiva CTS, como ela poderia definir tal perspectiva e a importância que ela atribuía na relação entre a ciência-tecnologia-sociedade no contexto da disciplina que leciona, sendo enfatizado, pela professora Rita, aspectos relacionados ao planejamento das atividades, tais como atividades planejadas de forma coletiva, escolhas de temas a serem trabalhados em sala de aula, escolhas de materiais didáticos e questionamentos acerca do currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro.

Quando perguntada sobre o que seria a perspectiva CTS e uma abordagem de questões sociocientíficas no contexto da sua disciplina, a professora Rita foca sua resposta no desenvolvimento de atividades que promovam e desenvolvam uma escrita que articule aspectos relacionados à ciência e à sociedade. O trecho abaixo nos apresenta um indicativo dessa afirmação:

Quadro 10. Fala Rita

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Rita.2. [00:36:12.07]	Debate; cuidado de si; cuidado do entorno; meio ambiente	<i>Eu acho que, no caso de língua portuguesa, ela poderia ajudar o aluno a entender ao que o aluno poderia selecionar e desenvolver a discursividade dele, escrita, falta isso, não só a oral, eu acho que o debate, ele é importante, mas na verdade, o grande debate é dele com ele, na hora em que ele está escrevendo... cuidado de si, cuidado do entorno, do meio ambiente e hoje não existe mais... e português acaba tendo que mexer com isso também...</i>

56

A professora Rita aponta em sua resposta que a disciplina que leciona pode auxiliar na melhoria da escrita, no estímulo do debate em sala de aula e na promoção de discussões que possam enfatizar o cuidado tanto individual quanto coletivo. Aspectos relacionados ao meio ambiente também são citados pela professora.

Na tentativa de explorar um pouco mais esse assunto, foi perguntado à professora Rita como ela definiria uma questão sociocientífica, o que era para ela uma questão sociocientífica, e ela então respondeu:

Quadro 11. Fala Rita

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Rita.2. [00:44:10.17]	Comunidade; agente para mudar; alterar o cotidiano	<i>O sociocientífico pra mim é tudo aquilo que mexe com a comunidade, com a comunidade onde o aluno vive, então, é... dengue, por exemplo, pra mim é um tema que eu não posso deixa de trabalhar e tem o livro didático também que tem que entrar, mas não só isso, alimentação por exemplo... uma questão sociocientífica eu acho que é isso, é aquilo que de alguma forma pode alterar o cotidiano comunitário do meu aluno e o dele como indivíduo e ao mesmo tempo torná-lo um agente pra mudar o ambiente onde ele se encontra...</i>

Quando perguntada sobre possíveis diferenças entre a abordagem teórica baseada na perspectiva CTS e na QSC, não foi possível identificar, na fala da professora Rita, aspectos relevantes que diferenciem as duas abordagens, sendo enfatizado, principalmente neste momento, a preocupação de como pensar em traduzir para a sala de aula os conhecimentos que são produzidos na universidade, tornar a ciência produzida na universidade como algo acessível para a sociedade.

57

Segundo a professora Rita, foram as leituras baseadas na perspectiva CTS que auxiliaram na escolha do tema e como este tema seria trabalhado nas aulas. O tema escolhido para ser trabalhado se intitulava “Consumo” e as leituras selecionadas ajudaram o grupo a focar na questão da sustentabilidade e no trabalho junto à comunidade. Num processo de reflexão de sua própria prática, Rita afirma que não trabalhou tanto como poderia ter trabalhado a questão do consumo e, na sua fala, pouco foi percebido acerca da participação da comunidade nas suas práticas, focando-se mais no trabalho de conscientização dos alunos de sua disciplina.

3.2. O desenvolvimento de propostas pedagógicas

Neste segundo momento, apresentamos os aspectos que estavam nos remetendo ao desenvolvimento das propostas pedagógicas no contexto da participação dos professores no projeto e no desenvolvimento da sua prática docente cotidiana. Pretendemos, com isso, identificar os reflexos além das demandas do próprio projeto ao questionar sobre atividades futuras que, por ventura, foram desenvolvidas tendo como base a perspectiva CTS. Para essas análises, utilizaremos o conjunto de categorias que foram apresentadas no **Quadro 2**.

3.2.1. O professor Eduardo

Começaremos a análise com a entrevista 1, realizada com o professor Eduardo que, em um primeiro momento, foi perguntado sobre os temas que foram trabalhados, com

o intuito inicial de resgatar mentalmente essas informações. Este primeiro trecho pode ser observado abaixo:

Quadro 12. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [0:12:34.06]	Sociedade do consumo; negociada; dialogada; inovar	<i>... Tiveram vários momentos, vários temas foram trabalhados, mas o “guarda-chuva” era o “consumo” né... era a sociedade do consumo, o tema principal, então os professores... um trabalhou a questão do agrotóxico, outro trabalhou a questão da divulgação científica, eu trabalhei... o que eu trabalhei? Eu trabalhei “transgênico”, mas isso num primeiro momento, depois a gente foi compondo outras atividades, então tinham muitos relatos, sobre a nossa própria vivência, o que a gente entende por uma educação voltada pra emancipação, também que gerou... esses temas, nos colocaram em “xeque” em algumas coisas, coisas que a gente estava acostumado a trabalhar, de uma forma, e aí a gente se obrigou a trabalhar de uma outra perspectiva, né, claro, sempre negociada, sempre dialogada, mas essa ruptura entre o normal, o cotidiano e o que o Estado, enquanto instância organizadora da educação, espera da gente, e o que nós, observadores da nossa... da realidade do nosso aluno esperamos, então, isso também há um choque, é... e aí o currículo por exemplo, a minha perspectiva era de romper completamente o currículo, “vamos, vamos inovar realmente, vamos, e... pensar algo, e... extremamente inovador”, sem as amarras do Estado e aí o grupo “não, não, Eduardo, pera aí, a gente também não pode fugir tanto desse currículo, dessa forma de avaliação”, e aí a gente mediu um pouco essa relação...</i>

58

A escolha do tema “sociedade do consumo” já nos sugere uma abordagem considerando o contexto social. Outro ponto relevante é que a estruturação da atividade parte de um tema e não de um conteúdo científico.

Podemos observar o professor Eduardo enfatizando a promoção do processo negociado e, de forma dialógica, no planejamento que foi desenvolvido a partir da escolha do tema. Tal questão nos indica que essa foi uma escolha feita de forma

democrática, surgindo não apenas tendo como partida os seus próprios interesses, mas a partir de uma decisão conjunta.

Pensar no currículo também se constitui como um momento de extrema relevância e isso é percebido quando Eduardo discorre sobre romper completamente com o currículo, indicando a sua insatisfação. Esse conflito foi negociado com o grupo e o professor foi orientado no sentido de que isso não seria tão positivo, tendo em vista o conjunto de avaliações externas baseadas no próprio currículo.

Esse exercício de problematização do currículo realizado pelo professor Eduardo e pelo grupo como um todo se constitui numa etapa fundamental para o planejamento das atividades propostas. Todo esse movimento nos remete à perspectiva CTS como um movimento de reformulação curricular, conforme afirmado por Aikenhead (1994).

Quando perguntado sobre a importância da abordagem da relação ciência e sociedade, como é feita essa articulação no contexto de suas aulas e no planejamento das mesmas, o professor Eduardo responde:

Quadro 13. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [00:28:44.18]	Justiça social; emancipação; igualdade	<i>... assim, então, era assim... eu fiz muito mal para essas crianças e esses adultos também, no passado, mas... e hoje eu procuro trabalhar para discutir essa ciência que está posta, isso é mais difícil, isso é muito difícil, o fácil é fazer o feijão com arroz, né... e depositar, tentar depositar conhecimento na cabeça dos alunos, esse é o fácil, agora, o difícil é fazer com que os alunos se reconheçam, como eu tive essa oportunidade, se reconheçam, como agentes que estão nessa sociedade, injusta, com falta de justiça social é... fazer com que eles utilizem a ciência, utilizem a tecnologia pra o benefício de todos é... entender essa dinâmica da sociedade capitalista pra romper com esse processo, em busca de uma visão mais socialista, mais igualitária, pois a base de todos os nossos esforços de emancipação é a igualdade, o que a gente quer é que as pessoas não nasçam, alguns não nasçam em berço esplêndido e outros nasçam passando fome, né, e isso a gente vivencia o tempo todo, gente que chega na escola com fome, gente que não tem nenhuma outra perspectiva, porque não tem os recursos mínimos de saúde...</i>

Os pensamentos desenvolvidos pelo professor Eduardo certamente vão além dos aspectos teóricos estudados ao longo de sua participação no projeto. Sua experiência acadêmica, profissional e sua atuação no campo social também refletem no seu posicionamento e isso pode ser observado quando o professor faz a articulação com outros conceitos que provavelmente foram estudados em outros contextos de sua formação como, por exemplo, quando ele cita uma sociedade menos capitalista e mais socialista, buscado a igualdade social.

Esses pontos também se aproximam, principalmente quando, inicialmente, foi pensada a perspectiva CTS, o que também é reforçado por Auler (2003), afirmando que não há uma relação linear entre o desenvolvimento científico, tecnológico e social e que isso é gerado, pois os interesses econômicos sobrepõem os interesses sociais.

Continuando sua fala sobre a escolha do tema e analisando a relação com a perspectiva CTS e QSC, podemos observar o trecho a seguir, no qual o professor Eduardo fala como ele problematizou o tema escolhido para trabalhar com sua classe, uma turma do ensino médio da educação de jovens e adultos (EJA):

Quadro 14. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [00:44:50.14]	Acúmulo de poder	<i>... Sim, sim... acúmulo de poder e de dinheiro, porque a gente sempre tenta contrapor ao conhecimento popular dos povos que já faziam a seleção natural das sementes né... e que já tinham uma baixa produtividade, porém, essa baixa produtividade era compensada pela é... é... por um domínio de todos, acerca daquela espécie, daquela variedade, e aí os transgênicos entram como uma forma que você não pode é... reproduzir essa semente, então você fica refém. Tem um gene que é o "terminator" que impede que ela seja é... uma vez produzida a semente, produza novas sementes a partir dela [semente estéril]...</i>

60

O que podemos perceber nesse trecho é a tentativa de se abordar como o desenvolvimento de uma determinada tecnologia, a partir de estudos científicos, pode ser utilizado para o aumento de riquezas e monopólio de um bem muito precioso e fundamental para a população, no caso, a alimentação.

Uma abordagem clara de que nem sempre o avanço em C&T obrigatoriamente é revertido para os interesses da população e sim para interesses individuais e de corporações que irão deter o controle de produção de alimentos, regulando assim um conjunto de ações a partir de seus próprios interesses econômicos.

Outra pergunta realizada foi sobre os aspectos que ele considerou como positivos e negativos com relação à temática trabalhada, com relação à estrutura metodológica que foi proposta e também sobre a reação dos alunos, tendo em vista que não era uma proposta comum no cotidiano de suas aulas. Abaixo, observamos o trecho em que o professor Eduardo cita esses aspectos:

Quadro 15. Fala Eduardo

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Eduardo.1. [00:55:38.16]	Conjuntura mais social; diálogo; polarizar; debate; movimento CTS; planejamento do debate.	<i>O que foi positivo? Foi... eles partiram do que não basta pensar o transgênico de forma isolada, tem que pensar em quem produz o transgênico, pra que produz o transgênico e... essa conjuntura mais social, isso foi positivo e objetivo, foi bem claro isso por todos os alunos, essa visão mais abrangente, mas foi um lado negativo o próprio... a própria metodologia, porque se eles exercitassem mais o diálogo, no sentido de é... polarizar a discussão entre os que são favoráveis e os que são contra, a gente ia ganhar muito mais na polêmica, né... sobretudo no sentido de saber ouvir o outro com paciência, sem arrogância, então é... eu queria, eu quero ainda exercitar mais esse debate que é uma técnica para você exercer uma escuta atenta, como a Isabel fala, porque... e ai também a gente se percebe não fazendo essa escuta atenta, pois, no debate, quando você toma uma posição, você meio que é... cria uma visão só daquela percepção que você já estabeleceu e ai a importância do debate é que você percebe outras contribuições... e... perceba que tem uma lógica uma coerência, tem uma história para as pessoas chegarem àquela conclusão e isso falta, principalmente no debate que hoje está tendo na cidade do Rio de Janeiro... é... pensar esses vários cenários, sob o olhar de várias pessoas, isso falta a gente entender sobre tudo pra pensar o movimento CTS. Então, esse foi um ponto negativo, o fato da gente não ter exercido a... o planejamento do debate na sua plenitude, de polarizar um grupo a favor, um grupo contra, e o dinamizador [mediador], né... dando voz as pessoas, o próprio dinamizador [mediador] emitia opinião e concordava com o não transgênico [risos].</i>

O professor retoma a discussão sobre a importância da abordagem da conjuntura social no contexto dos temas científicos, considerando isso como um aspecto positivo na proposta desenvolvida nas suas aulas.

O professor Eduardo faz uma crítica à metodologia (debate simulado) por não ter alcançado os objetivos que desejava, afirmando que gostaria de que a discussão fosse mais polarizada no sentido da apresentação de argumentos positivos e negativos sobre o tema transgênico. O professor ainda afirma que os alunos consideram o alimento transgênico como algo estritamente ruim, não favorecendo assim a discussão da controvérsia científica.

O professor atribuiu essa falta de discussão controvérsia ao fato de não ter planejado o debate em sua plenitude, no sentido de deixar mais explícitas as regras e dividir os grupos de forma mais concisa e polarizada.

Podemos perceber um processo de reflexão da própria prática com a realização de uma autocrítica percebida em sua fala ao afirmar que ele mesmo influenciou no posicionamento dos seus alunos e que, na posição de mediador, emitia opiniões contra os transgênicos, o que fez com que os alunos se posicionassem contra aos transgênicos.

3.2.2. A professora Rita

Com a definição da abordagem do tema “Consumo”, a professora Rita então definiu a abordagem que seria trabalhada em suas aulas. Como o tema central era o “Consumo” ou a “Sociedade do consumo”, partindo dessa temática central, ela propôs trabalhar nas suas aulas a relação entre medicamentos alopáticos e homeopáticos e também a relação do consumo entre esses medicamentos.

O que podemos perceber com a fala de Rita é que a escolha do tema surge de uma curiosidade e demanda pessoal. Ela também relata sua dificuldade em articular principalmente os conteúdos científicos, tendo em vista que esta não é uma prática recorrente na sua atuação como docente. Abaixo, podemos observar o trecho que destaca esses aspectos:

Quadro 16. Fala Rita

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Rita.2. [00:16:37.00]	Questão controversa	<i>... a principio foi complicado, pois como não era da área de ciências, a escolha eu sabia que era determinante para que o impacto junto com o aluno fosse importante e eu acabei escolhendo a questão da homeopatia... porque eu não sabia que a questão da prática da homeopatia era uma questão tão perigosa, controversa... e ai eu tive que aprender muito sobre o assunto, foi um risco, mas assim eu banquei o risco, pois era uma necessidade minha como pessoa.</i>

Ao falar sobre o processo de construção das atividades, a professora Rita relata que o planejamento se deu de forma coletiva. Em um primeiro momento, ela buscou identificar nos alunos os possíveis conhecimentos prévios sobre o tema e, depois, explorou textos de divulgação científica em sala, apresentando duas reportagens que falavam de medicamentos alopáticos e homeopáticos com o objetivo de promover a discussão da controvérsia científica que estava em questão.

O objetivo da atividade era promover a argumentação, tendo como ferramenta a leitura de textos de divulgação científica, levando em conta a própria demanda do currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro e, com isso, promover um debate em sala de aula. O objetivo do debate, segundo Rita, era:

Quadro 17. Fala Rita

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Rita.2. [00:16:37.00]	Leitura; debate; respeito	<i>... a estratégia era essa... era a leitura dos textos é... tentando buscar no aluno o conhecimento prévio e depois levá-los a criar um debate, então tem um mediador, toda aquela estrutura do "debate regrado"... que era tentar ensiná-los a debater sem brigar, então por isso eu optei pelo debate regrado, porque tinha que ter regras, o que era um réplica, o que era uma tréplica, respeitar a fala do outro, o discurso, que é uma coisa da argumentação que na prática a gente não consegue fazer isso em sala de aula e aí a gente até criou assim, sinalizadores.</i>

63

Tendo em vista o caráter controverso da abordagem proposta por Rita, podemos afirmar que sua proposta se alinha metodologicamente à abordagem de aspectos sociocientíficos (Santos e Mortimer, 2009) no sentido de priorizar principalmente os aspectos éticos, políticos e socioeconômicos. O debate como uma estratégia para estimular a argumentação e o respeito ao próximo no contexto da controvérsia científica também é discutido na abordagem de QSC e amplamente desenvolvido por Ratcliffe e Grace (2003) e Reis e Galvão (2008).

A professora se mostrou preocupada também com a desconstrução de uma visão, por parte dos alunos, com relação à compartimentalização dos conteúdos disciplinares, fato este que ficou mais evidente ao ser desenvolvida em sala de aula a sua proposta didática:

Quadro 18. Fala Rita

Codificação	Unidade de registro	Unidade de contexto
Rita.2. [00:34:27.18]	Tema científico	<i>... ele não quer [aluno], ainda mais na aula de português, trabalhar um tema científico, ele [aluno] acha uma afronta, tipo assim, “o que a Sra. tem haver com isso”, o próprio aluno faz essa crítica, o aluno acha que o trabalho de português se restringe a análise sintática, é o que ele quer, é o que ele acha que é pertinente, ele tem uma visão pedagógica da escola que não quer abrir mão e ele não consegue se desfazer dessa visão, ele acha que cada caixa no seu lugar, cada coisa no seu lugar.</i>

Aikenhead (1994) nos apresenta, em uma de suas categorias, “as ciências por meio do conteúdo CTS”, afirmando que o conteúdo das ciências é multidisciplinar, neste sentido, consideramos como relevante a tentativa da professora Rita em problematizar e, de certa forma, desafiar os alunos e sua própria prática na tentativa de promover uma maior articulação nos diferentes campos disciplinares que estão presentes no contexto escolar.

64

Como apontado pela professora Rita, foi identificada uma certa resistência por parte dos alunos, tendo em vista o caráter multidisciplinar de sua proposta como uma alternativa de abordagem do tema selecionado para se trabalhar em sala de aula. Segundo sua própria concepção, é preciso desconstruir essa ideia de conteúdos compartimentalizados e, por isso a proposta da professora Rita causa tanto estranhamento aos alunos, pois foge do modelo tradicional de ensino.

Conclusões e reflexões

O presente artigo pretendeu investigar os impactos de um programa financiado pelo governo brasileiro, os quais foram gerados no contexto da formação de professores. Tal projeto, como ressaltado inicialmente, tinha por objetivo promover o desenvolvimento de práticas educativas que articulassem aspectos relacionados à perspectiva CTS no contexto do ensino médio brasileiro. Outro ponto de grande relevância no projeto foi a articulação entre a universidade e a escola e a troca de conhecimento produzido nestes dois espaços com seus diferentes atores sociais.

Retomando a nossa primeira questão de pesquisa (quais são os significados atribuídos pelos professores com relação à abordagem CTS), podemos perceber algumas visões acerca da perspectiva CTS (Aikenhead, 1994; Auler, 2003; Auler e Delizoivov, 2006; Santos, 2007; Reis e Galvão, 2008; Simonneaux e Simonneaux, 2012; Reis, 2013) apresentadas por Eduardo e Rita.

O professor Eduardo possui uma participação ativa em movimentos de preservação ambiental e militância em uma diversidade de ações sociais e isso foi possível constatar através do seu relato profissional e atividades que realiza e realizou ao longo de sua formação e sua carreira como professor. Essa experiência é percebida em seu discurso, no relato realizado sobre suas atividades como docente. É possível observar uma fluidez e articulação ao ser perguntado sobre a perspectiva CTS. Tendo como base sua fala, é possível apontar uma certa aproximação com os pensamentos de Santos (2007), alinhada à visão de CTS numa perspectiva humanística, com a incorporação dos pensamentos do educador brasileiro Paulo Freire em seus argumentos.

Destacamos, também, o momento em que o professor Eduardo aponta, em sua fala, os “temas socialmente agudos”, mesmo sem ser citado na entrevista e que teoricamente é uma perspectiva desenvolvida por Simonneaux e Simonneaux (2012). Esses autores se utilizam da expressão *questions socialment vives* com base teórica na abordagem de questões sociocientíficas. Essa menção nos faz inferir que tal estudo foi realizado ao longo de sua participação no projeto, tendo em vista que o professor Eduardo afirma que esses estudos não foram realizados anteriormente.

No desenvolvimento das atividades com base na perspectiva CTS, o professor Eduardo faz menção à escolha de um tema que pudesse gerar uma controvérsia entre os alunos que participaram da atividade, o que também indica sua apropriação. Uma das estratégias utilizadas, o debate simulado, nos faz concluir que o planejamento das atividades se deu de forma coerente com os estudos teóricos.

65

Assim como o professor Eduardo, a professora Rita também possui uma longa experiência na atuação como professora na rede pública de ensino e relata sua participação no projeto como uma possibilidade de renovação da própria carreira. E, assim como o professor Eduardo, também participou de uma série de atividades que incluíam estudos, discussões, planejamento de aulas, dentre outras atividades que compuseram o projeto OBEDUC.

A fala da professora Rita nos remete a uma abordagem alinhada à proposta de Reis (2013), que traz consigo uma visão de ativismo social para a abordagem de temas sociocientíficos, promovendo atividades que vão além do espaço escolar, envolvendo o entorno social em que o aluno se insere. Essa inferência foi possível devido à importância que a professora Rita demonstrou no desenvolvimento de práticas pedagógicas que leve os alunos a pensar em como intervir no meio em que vivem.

Tal como o professor Eduardo, mesmo sem ser perguntada, a professora Rita cita as questões socialmente agudas, nos remetendo novamente à abordagem de Simonneaux e Simonneaux (2012). É importante ressaltar que eles participaram do mesmo grupo de trabalho e compartilhavam os encontros para estudos e planejamento de atividades em conjunto com outros integrantes do projeto.

Com relação ao desenvolvimento de propostas alinhadas à perspectiva CTS e respondendo à nossa segunda questão (como se materializou a apropriação das perspectivas teóricas no contexto do desenvolvimento de atividades em sala de aula),

destacamos, a partir da fala do professor Eduardo, a importância que ele atribuiu à conjuntura social no contexto dos temas científicos que foram trabalhados em sala de aula. Ele ainda afirma que este aspecto foi abordado com êxito, tendo em vista que ficou bem clara tal abordagem para ele e para os alunos.

Em um processo de reflexão da própria prática como docente, o professor Eduardo aponta a importância de se escutar as demandas dos alunos no processo de construção das atividades que serão trabalhadas, afirmando que isso não foi feito, tendo em vista que o próprio tema foi decidido em reuniões com o grupo que participava do projeto. No entanto, nessas reuniões, não houve representação discente, sendo que o professor afirma que, em discussões futuras, pretende promover essa articulação. No processo de construção das atividades nas aulas da professora Rita, os alunos também não foram escutados e nem participaram do planejamento das aulas que foram desenvolvidas, sendo este um ponto que pode ser mais bem explorado em atividades futuras.

Segundo Ratcliffe e Grace (2003), podemos afirmar que são características de um tema sociocientífico relacionar a ciência ao contexto da formação de opinião e escolhas, ter dimensão local, nacional ou global, discussão de valores e ética, estar relacionado à vida, envolver discussão de benefícios, riscos e valores, entre outras. Podemos observar, tanto na fala do professor Eduardo, quanto na fala da professora Rita, ao descreverem suas atividades didáticas, uma aproximação com as características alinhadas à abordagem de temas sociocientíficos.

66

Os relatos dos professores com relação à participação foram extremamente positivos, tendo em vista que possibilitaram, segundo suas próprias falas, um momento de troca de experiências, de reflexão da própria prática, de trânsito em diferentes espaços de formação, de contato com pesquisadores da área de educação em ciências e da possibilidade de explorar novos horizontes.

A pesquisa realizada aponta a contribuição gerada que vai além da formação do professor. Aspectos relacionados ao aumento da autoestima, a valorização docente, a ressignificação da sua própria prática, entre outros. Reforçamos ainda a importância da continuidade de políticas que possibilitem o processo contínuo da formação docente, tais como o projeto OBEDUC, que, no atual contexto político e econômico pelo qual o Brasil está passando, infelizmente estão ameaçados.

Bibliografia

AIKENHEAD, G. (2003): STS: “Education: a rose by any other name”, em R. Cross (ed.): *A vision for science education: responding to the work of Peter J. Fensham*, New York, Routledge Falmer, pp. 59-75.

AIKENHEAD, G. (2009): *Educação científica para todos*, Edições Pedagogo.

AULER, D. (2003): “Alfabetização Científico-Tecnológica: um novo ‘paradigma’?”, *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 5, nº 1.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. (2001): “Alfabetização científico-tecnológica para quê?” *Ensaio – pesquisa em educação em ciências*, vol. 3, nº 1, pp. 105-115.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. (2006): “Educação CTS: Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e Referenciais ligados ao movimento CTS”, *Les relaciones CTS en la Educación Científica*. Disponível em: www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Pedagogia2/aeducacao_cts.pdf.

BARDIN, L. (2011): *Análise de conteúdo*, São Paulo, Edições 70.

CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; BERNARDINO, J. e GUERRA, C. (2008): “Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso ‘Ciência-Tecnologia-Sociedade’”, *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, vol. 1, nº 1, pp. 27-49. Disponível em: alexandria.pgpect.ufsc.br/files/2012/03/CACHAPUZ.pdf.

COELHO, J. C. e MARQUES, C. A. (2007): “A chuva a?cida na perspectiva de tema social: um estudo com professores de Química”, *Química Nova na Escola*, São Paulo, nº 25, pp.14-19.

DAGNINO, R. (2008): “As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-América”, *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, vol.1, nº 1, pp. 3-36.

GARCIA, M., CERESO, J. e LÓPEZ, J. (1996): *Ciência, Tecnologia y Sociedad*, Madrid, Tenos.

HODSON, D. (2003): “Time for action: science education for an alternative future”, *International Journal of Science Education*, v.25, n.2, pp. 27-30.

MANZINI, E. J. (2003): “Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-estruturada”, em M. C. Marquezine, M. A. Almeida e S. Omote (orgs.): *Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial*, Londrina, Edel.

MUNDIM, J. V. e SANTOS, W. L. P. (2012): “Ensino de Ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar”, *Ciência & Educação*, vol. 18, nº 4, pp. 787-802.

RATCLIFFE, M. e GRACE, M. (2003): *Science education for citizenship: teaching socioscientific issues*, Maidenhead, Open University Press.

REIS, P. (2013): “Da discussão à ação sócio-política sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania”, *Ensino de Ciências e Tecnologia*, vol. 3, nº 1.

REIS, P. (2014): “Acción socio-política sobre cuestiones socio-científicas: reconstruyendo la formación docente y el currículo”, *Uni-pluri/versidad*, vol. 14, nº 2.

REIS, P. e GALVÃO, C. (2008): “Os professores de ciências naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, nº 3.

SANTOS, W. L. P. (2007): “Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios”, *Revista Brasileira de Educação*, vol. 12, nº 36. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n36/a07v1236.pdf>.

SANTOS, W. L. P. (2011): “Significados da educação científica com enfoque CTS”, *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*, Ed. UnB, pp. 21-48.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C. e MACIEL, M. D. (2012): “Tema Sociocientífico “Cachaça” em aulas práticas de química na Educação Profissional: uma abordagem CTS”, *Revista Ensaio*, vol. 14, nº 1, pp. 227–239. Disponível em: www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/308/806.

SADLER, T. D. (2004): “Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research”, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41, pp. 513–536.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. (2000): “Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência–Tecnologia–Sociedade) no contexto da educação brasileira”, *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 2, nº 2. Disponível em: www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewArticle/21.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. (2009): “Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de Ciências: possibilidades e limitações”, *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 14, nº 2, pp. 191-218.

SIMONNEAUX, J. e SIMONNEAUX, L. (2012): “Educational Configurations for Teaching Environmental Socioscientific Issues within the Perspective of Sustainability Research”, *Science Education*, vol. 42, nº 1, pp. 75-94.

VILCHES, A. e PÉREZ, D. G. (2011): “De CTS a CTSA: a educação por um futuro sustentável”, *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*, Ed. UnB, p. 161-184.

ZEIDLER, D. I., SADLER, T. D., SIMMONS, M.L. e HOWES, E.V. (2005): “Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education”, *Wiley Periodicals, Inc.*, vol. 89, pp. 357-377.

Cómo citar este artículo

FERNANDES, J. P. e GOUVÊA, G. (2019): “A perspectiva CTS e a formação docente na visão de professores da educação básica brasileira”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, nº 41, pp. 41-69.

**¿Qué factores influyen en la construcción de ciudades inteligentes?
Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países ***

**Quais fatores influenciam a construção de cidades inteligentes?
Um modelo multinível com dados em termos de cidades e países**

***What Factors Influence the Building of Smart Cities?
A Multilevel Model with Data at Urban and National Levels***

María Verónica Alderete **

En años recientes se ha dado importancia al concepto de “ciudades inteligentes” o *smart cities*. Se pueden distinguir dos visiones: la que se centra en el rol de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC); y la que se amplifica a nociones vinculadas con el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gobernanza participativa y la reducción de emisiones. Este trabajo tiene como objetivo contrastar estas visiones para analizar los factores que inciden en la construcción de ciudades inteligentes. Sobre la base de una muestra de 181 ciudades en 81 países, se estima un modelo de regresión multinivel, con datos a nivel ciudad y a nivel país. Los resultados obtenidos muestran que el modelo tiene un mejor ajuste en la primera visión: el nivel económico, el nivel educativo, la ubicación en América Latina y el hecho de ser ciudades de países desarrollados en TIC son factores que afectan positivamente el nivel de inteligencia de una ciudad. Por otro lado, el modelo expresado en un sentido amplio muestra que, cuanto menor es la tasa de desempleo urbana, mayor es el nivel de inteligencia de las ciudades.

71

Palabras clave: ciudades inteligentes; TIC; modelos de regresión multinivel

* Recepción del artículo: 03/11/2017. Entrega de la evaluación final: 01/06/2018.

** Investigadora asistente del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica (CONICET) y profesora adjunta del Departamento de Economía de la Universidad Nacional del Sur, Argentina. Correo electrónico: mvalderete@iies-conicet.gob.ar.

Nos últimos anos, o conceito de “cidades inteligentes” ou *smart cities* ganhou importância. É possível distinguir duas visões: a focada no papel das tecnologias da informação e da comunicação (TIC); e a que se estende a noções vinculadas ao crescimento econômico sustentável, a qualidade de vida, a governança participativa e a redução de emissões. Este trabalho tem como objetivo contrastar essas visões para analisar os fatores que incidem na construção de cidades inteligentes. Com base em uma amostra de 181 cidades em 81 países, estima-se um modelo de regressão multinível, com dados em termos de cidade e em termos de país. Os resultados obtidos mostram que o modelo tem um melhor ajuste na primeira visão: o nível econômico, o nível educativo, a localização na América Latina e o fato de serem cidades de países desenvolvidos em TIC são fatores que influenciam positivamente o nível de inteligência de uma cidade. Por outro lado, o modelo expresso em um sentido amplo mostra que quanto menor a taxa de desemprego urbana, maior o nível de inteligência das cidades.

Palavras-chave: cidades inteligentes; TIC; modelos de regressão multinível

In recent years, importance has been placed on the concept of “smart cities”. Two visions can be identified: one that centers on the role of Information and Communication Technologies (ICTs), and one that amplifies the ideas linked to sustainable economic growth, quality of life, participative governance and reduction of emissions. This paper compares these visions to analyze the factors that affect the building of smart cities. On the basis of a sample of 181 cities in 81 countries, a multilevel regression model is estimated, with data at urban and national levels. The results obtained show that the model aligns better to the first vision: the financial and educational levels, the location within Latin America and the fact that they are cities in countries that are developed in terms of ICTs are factors that positively affect the cities' smartness. On the other hand, the second model shows that the lower the urban unemployment rate is, the higher the cities' smartness.

Keywords: smart cities; ICTs; multilevel regression models

Introducción

La definición de ciudades inteligentes adquiere sentido a partir del crecimiento de la población en las últimas décadas y el advenimiento de nuevos problemas a nivel mundial con incidencia local, tales como el tránsito y los problemas ambientales, pero en especial a partir de la revolución digital. El concepto de “ciudad inteligente” surgió por primera vez en el libro *The Technopolis Phenomenon: Smart cities, fast systems, global networks* (Gibson *et al.*, 1992).

De acuerdo a datos publicados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población urbana mundial se incrementará de unos 3920 millones en 2015 a 6250 en 2050, lo que implica un crecimiento de casi el 60 %. Es de esperar que se busque aminorar o al menos explorar soluciones para enfrentar los problemas de la ciudadanía contemporánea. En este sentido, la implementación de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) permite evolucionar hacia ciudades inteligentes que pueden generar las mejores soluciones en términos de participación y colaboración ciudadana, digitalización de los procesos de la administración pública, energía sostenible y uso sustentable de los espacios.

En Estados Unidos, las TIC han sido uno de los factores más importantes en garantizar el éxito de San Diego como una ciudad inteligente. De la misma manera, en el Reino Unido la ciudad de Southampton se caracteriza por ser la primera ciudad inteligente gracias al desarrollo de las múltiples aplicaciones de tarjetas inteligentes (Holland, 2008). En Brasil, la ciudad de Rio de Janeiro, inició su proyecto de transformación para convertirse en una ciudad inteligente a fines de 2010 mediante la inauguración del Centro de Operaciones de Rio (COR), además de ser el principal centro de telecomunicaciones y medio del país (Weiss *et al.*, 2013). La municipalidad de Rio lanzó dos programas —“Rio ideas” y “Rio aps”— para captar las ideas innovadoras propuestas por la población. La misma situación se observa en Cali, Lima y Guadalajara, por mencionar algunos casos.

En los últimos años, ha surgido una amplia investigación en torno a la importancia de generar ciudades inteligentes. A pesar de que el concepto es nuevo y que existen múltiples definiciones, se pueden distinguir dos visiones distintas en las definiciones de ciudades inteligentes. Por un lado, la literatura que enfatiza el rol de las TIC como medio para profundizar el acceso a la información pública y a los servicios en una ciudad. Es decir, el uso de tecnologías inteligentes computarizadas para hacer más eficientes e interconectados los elementos y servicios críticos o más importantes de una ciudad como la administración pública, la educación, el transporte y la calidad de vida de los ciudadanos en general (Washburn *et al.*, 2010; Caragliu, Del Blo y Nijkamp, 2009; Partridge, 2004). Por otro lado, aquellas que adoptan una perspectiva más amplia al introducir nociones vinculadas con el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gobernanza participativa y la reducción de emisiones.

En este trabajo se contrastarán empíricamente ambas definiciones a partir de la noción de Weisi y Ping (2014) y Nam y Pardo (2011), para quienes el de “ciudades inteligentes” es un concepto relativamente nuevo que depende altamente del

contexto, sea el país o el gobierno. No es únicamente un fenómeno municipal, sino también nacional e internacional (Nam y Pardo, 2011).

Este trabajo tiene como objetivo analizar las variables que inciden en la generación de ciudades inteligentes, teniendo en cuenta ambas nociones, haciendo énfasis en las características en materia tecnológica del país como determinante importante y en la problemática del desempleo urbano. De esta manera, se pueden delinear estrategias para su surgimiento y desarrollo.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se examina el marco teórico en torno al concepto y se revisa la literatura empírica referida al tema. En segundo lugar, se describen los datos que se utilizarán para estimar un modelo de regresión multinivel, con datos a nivel ciudad y país. Luego se exhiben los resultados obtenidos y, finalmente, se esbozan las consideraciones finales del trabajo.

1. Marco teórico

Existen múltiples definiciones de ciudades inteligentes. Algunas se centran en el rol de las TIC y otras adoptan una perspectiva más amplia que implica considerar nociones vinculadas con el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gobernanza participativa y la reducción de emisiones. En el primer grupo, entre los autores que se basan en una definición más tecnológica, se encuentra una serie de autores (Belissent y Girón, 2013; Washburn *et al.*, 2010; Paskaleva, 2009; Nam y Pardo, 2011).

Según Belissent y Girón (2013), el concepto responde al rol de la tecnología para enlazar a los habitantes con las instituciones. Por su parte, Washburn *et al.* (2010) indican que el uso de las TIC genera infraestructura y servicios de seguridad pública, vivienda y transporte. Asimismo, Nam y Pardo (2011) sostienen que la ciudad inteligente fomenta la interoperabilidad entre los distintos dominios de una ciudad. La ciudad inteligente adquiere relevancia si promueve ambientes digitales colaborativos para lograr la competitividad local y la prosperidad a través de redes, servicios electrónicos integrados y participación electrónica (Paskaleva, 2009). Sin embargo, el foco en las TIC en las ciudades inteligentes puede impactar dramáticamente en la brecha digital en un sentido negativo, creando mayores desigualdades y divisiones sociales en la ciudad (Graham, 2002).

Por el contrario, hay conceptos más amplios que, aunque sostienen el rol importante de las TIC, ponen el énfasis en otros elementos (Albino *et al.*, 2015; Anthopoulos y Fitsilis, 2010; Winters, 2010; Topetta, 2010; Caragliu *et al.*, 2009; Shapiro, 2006). En esta línea, Albino *et al.* (2015) argumentan que la ciudad inteligente está vinculada con la noción de sostenibilidad centrada en las necesidades de las personas y las comunidades, pero no es equivalente a la difusión de las TIC. Caragliu *et al.* (2009) dicen que una ciudad es inteligente cuando las inversiones en capital social y humano, transporte y TIC permiten alcanzar un crecimiento económico sostenible y una mejor calidad de vida, acompañada por una gestión inteligente de los recursos naturales, y mediante una gobernanza participativa.

Por otro lado, Anthopoulos y Fitsilis (2010) definen una ciudad inteligente como aquella donde las TIC fortalecen la libertad de expresión y mejoran el acceso a la información pública y a los servicios. Según Winters (2010) y Shapiro (2006), las ciudades inteligentes son áreas metropolitanas con una proporción alta de la población adulta con un título secundario. Se define ciudad inteligente como una ciudad que combina las TIC con las tecnologías web 2.0 con otros esfuerzos organizacionales, de diseño y planeamiento para eficientizar los procesos burocráticos y brindar soluciones innovativas que mejoren la sustentabilidad y calidad de vida (Topetta, 2010).

Por su parte, Lupiañez y Faulí (2017) rescatan la definición adoptada por el Parlamento Europeo (2014), que combina ambas perspectivas al referirse a la ciudad que busca abordar los asuntos públicos a través de soluciones basadas en las TIC. Es claro que el concepto no sólo implica la dimensión tecnológica o es un concepto netamente tecnológico, sino que implica también el desarrollo socioeconómico. Asimismo, Letaifa (2015) realiza un estudio cualitativo que integra la literatura en el tema y, a partir de casos de estudio, define una metodología para la implementación de ciudades inteligentes.

La tecnología claramente es una condición necesaria para la existencia de una ciudad inteligente, aunque no basta con ella. De esta manera, se investigan qué características inherentes a las ciudades permiten promover el desarrollo de una Ciudad Inteligente, tales como el desempleo urbano, el nivel educativo, el tamaño de la población y del territorio, las TIC.

75

Las ciudades que quieren promover la riqueza deben ser innovativas y crear las condiciones para que se desarrolle el conocimiento y la creatividad (Letaifa, 2015; Musterd y Ostendorf, 2004). De esta manera, se genera una mayor cantidad y calidad de empleos y se combate el desempleo. En este sentido, las capacidades y habilidades para usar las computadoras han sido influenciadas por el estatus ocupacional y las oportunidades para desarrollar y acumular el capital cultural (Clayton y Macdonald, 2013).

De esta manera se construye la hipótesis 1: las ciudades más inteligentes presentan una menor tasa de desempleo. La tasa de desempleo afecta negativamente el nivel de inteligencia de una ciudad. Según ciertos autores, el surgimiento y crecimiento de las ciudades inteligentes tiene origen en que los trabajadores migran hacia las ciudades con mayores niveles de capital humano debido a que tales ciudades son más productivas (Florida y Mellander, 2012; Glaeser y Saiz, 2004; Moretti, 2004; Rauch, 1993). En tales ciudades, con alto porcentaje de la población educada, los salarios son más altos que en las ciudades menos educadas, aun controlando por las características individuales de los trabajadores. Florida y Mellander (2012) destacan en la definición de ciudad inteligente la importancia del capital humano para reducir la brecha entre educación y productividad.

Las ciudades inteligentes suelen tener un porcentaje más alto de la población educada. Cuanto más alto es este porcentaje, la calidad de vida de la ciudad aumenta

y la gente vive en esas ciudades debido a la mayor calidad de vida (Shapiro, 2006). Esta relación vincula el capital humano con las iniciativas tendientes a fortalecer las capacidades de la población, tales como los cursos de educación y capacitación online. En este sentido, las ciudades con mayor capital humano tienden a ser ciudades inteligentes, donde existe mayor demanda y asistencia de la modalidad online (Letaifa, 2015; Steinert *et al.*, 2011). La idea de *smart people*, que está incluida en el concepto amplio de *smart cities*, adopta elementos como el grado de alfabetización digital de la sociedad o el porcentaje de la población con grado universitario (Lupiañez y Faulí, 2017). Por lo tanto, existe un vínculo estrecho entre ciudad inteligente y nivel educativo de la población.

De esta manera, se arriba a la hipótesis 2: las ciudades más inteligentes presentan un mayor nivel educativo de la población. El nivel educativo afecta positivamente el nivel de inteligencia de una ciudad.

Con respecto al tamaño de las ciudades, Winters (2010) afirma que las ciudades inteligentes son generalmente de tamaño pequeño a medio. Al mismo tiempo, debido a que suelen tener un alto capital humano, mucha población joven migra hacia estas ciudades aumentando el tamaño de la población.

Varios índices o rankings existentes de ciudad inteligente seleccionan a las ciudades sobre la base del tamaño de su población: *Canada's most sustainable Cities*, *Dritter Großstadtvergleich* (Alemania), *Les villes Européennes: Analyse comparative* (Francia). Las ciudades de tamaño medio constituyen una de las clases de ciudades más importantes en Europa en términos demográficos. Debido a que poseen atributos característicos a su tamaño, los desafíos que enfrentan estas ciudades difieren del resto de las ciudades como las ciudades metropolitanas (están menos equipadas en términos de masa crítica, recursos e incluso capacidad institucional y organizativa). Existen diferencias según el tamaño de las ciudades; por ejemplo, las ciudades de tamaño medio no pueden competir en todos los campos de la actividad económica como locación ideal para todas las ramas industriales, sino que deben centrarse en algunas actividades (Giffinger *et al.*, 2010). De todos modos, estas ciudades pueden llegar a ofrecer activos no disponibles en ciudades más grandes.

Una ciudad tiene que ser de tamaño grande, ya que gran parte de los casos de ciudad inteligente o ilustraciones como transporte inteligente remite a poblaciones grandes (Debnath *et al.*, 2014). Las ciudades grandes pueden atraer más capital humano (Elvery, 2010), así como disponer de una mayor infraestructura en términos de electricidad, agua y telecomunicaciones. Las ciudades grandes poseen una masa crítica de usuarios de TIC, y esto puede inducir a una penetración más rápida de nuevos servicios digitales, tales como aplicaciones móviles para transporte urbano. Sin embargo, las ciudades más pequeñas poseen ventajas también, ya que se convierten en espacios propicios para pruebas piloto. Al ser ciudades pequeñas, los tiempos de instalación de inversiones en infraestructuras como alumbrado de las calles o residuos son más reducidos al cubrir superficies más pequeñas (Neirotti *et al.*, 2014).

No existe según la literatura consenso sobre la relación entre el tamaño de la ciudad y el nivel de inteligencia. Según los argumentos estudiados, se plantea la hipótesis 3: las ciudades más inteligentes presentan un mayor tamaño de la población y son más grandes. El tamaño afecta positivamente el nivel de inteligencia de una ciudad.

Cualquier ciudad moderna requiere de una infraestructura de tecnologías de la información que sirva de soporte a los negocios y a la ciudadanía. Es decir, que disponga de redes de fibra óptica, infraestructura de telecomunicaciones móviles o acceso universal de banda ancha. Asimismo, el concepto de *smart cities* incluye la dimensión *smart people*, que involucra elementos como el número de computadoras por estudiantes (Lupiñez y Laurí, 2017).

Estas cuestiones sin duda están vinculadas a los planes o políticas de nivel nacional y tienen incidencia a nivel municipal. El cambio en las ciudades implica un uso efectivo de los datos inteligentes en tiempo real (Zygiaris, 2012). Paskaleva (2009) analiza cómo el gobierno abierto puede asistir en el surgimiento de la ciudad inteligente. La coordinación de políticas a lo largo de distintos niveles de gobernanza es de vital importancia para innovar en una ciudad (Marceau, 2008; Odendaal, 2003). Estas iniciativas de dato abierto están cambiando no sólo la relación entre el gobierno y el público, sino también las relaciones entre diferentes unidades de negocio siendo el gobierno responsable en brindar estos servicios (Kitchin *et al.*, 2015). Los datos abiertos brindan a la población indicadores accesibles y de fácil lectura a través de gráficos o mapas, con información sobre el desempeño de la ciudad y las tendencias, sin que los ciudadanos tengan que aprender cómo manejar los datos o usar software especializados, mejorando su estilo de vida.

77

Se plantea, entonces, la hipótesis 4: las ciudades más inteligentes presentan un mayor desarrollo en TIC. Una mayor difusión de las TIC afecta positivamente el nivel de inteligencia de una ciudad.

2. Metodología

Se utiliza una estructura de datos multinivel jerárquica; en un primer nivel o estructura de datos mayor, se encuentran los países; y en un segundo nivel o estructura de datos menor se ubican las ciudades dentro de cada país. De esta manera, se construye una muestra por etapas donde existe dependencia de las observaciones dentro de cada grupo (Hox, 1995). Este tipo de estructura de datos multinivel es útil para analizar el problema bajo estudio: identificar los factores que inciden en la construcción y promoción de ciudades inteligentes, con énfasis en el impacto de las nuevas tecnologías a nivel de los países, teniendo en cuenta su heterogeneidad. Existen algunos trabajos que han utilizado este tipo de estructura de datos para estudiar los factores determinantes de la educación, salud pública y actitud pro ambiental, entre otras. Sin embargo, no se han hallado trabajos que emplean esta metodología para el análisis de las ciudades inteligentes.

La metodología parece adecuada en la medida en que el nivel de progreso de la ciudad, en términos de *smartness* o inteligencia, depende tanto de factores inherentes a la ciudad como del entorno macroeconómico (país) en el que se encuentra. La muestra está compuesta por 181 ciudades a nivel mundial agrupadas en 81 países. Por lo tanto, el número medio de ciudades por país es de dos. En la **Tabla 1** se listan las variables incluidas en el modelo, su descripción, fuente y estadísticos descriptivos.

Tabla 1. Descripción de las variables del modelo

Variable	Descripción	Fuente	Min	Max	Media
Dependientes					
CIMI	Índice Cities in motion	IESE, Escuela de Negocios, Universidad de Navarra	32.86	100	63.66
Ranking tecnológico	Ranking en Dimensión Tecnología del CIMI	IESE, Escuela de Negocios, Universidad de Navarra	1	181	90.85
Independientes Nivel ciudad					
Tasa de desempleo	Tasa de desempleo de las ciudades	Registros oficiales varios de acceso público en Google	0.4	43	8.91
Población	Tamaño de la población, número de habitantes en la ciudad	Registros oficiales varios de acceso público en Google	141738	2.97e+09	2.08e+07
Superficie de la ciudad	Km2 del territorio varios de acceso público en Google	Registros oficiales	15.93	435036	4454.977
AL	Variable <i>dummy</i> que indica si la ciudad es de la región de América Latina				
Economía	Ranking en Dimensión Economía del CIMI	IESE, Escuela de Negocios, Universidad de Navarra	1	181	90.38674
Educación	Ranking en Dimensión Educación del CIMI	IESE, Escuela de Negocios, Universidad de Navarra	1	181	91
Independientes Nivel país					
IDI	Índice de Desarrollo en TIC (UIT)	Unión Internacional de Telecomunicaciones	2.05	8.86	6.40

Fuente: elaboración propia

Las ciudades seleccionadas fueron aquellas de las cuales se disponía de indicadores de ciudad inteligentes. Se estima el modelo con dos variable dependientes distintas: El primer modelo utiliza la definición de ciudad inteligente en un sentido amplio. Con este fin emplea el índice *Cities in Motion* (CIMI) que constituye un índice publicado por el IESE, escuela de negocios del Departamento de Estrategia de la Universidad de Navarra, en conjunto con el Centro para la Globalización y la Estrategia.

Por otro lado, en el segundo modelo se emplea un concepto más tecnológico o restringido de ciudad inteligente. Para ello se utiliza el ranking de Tecnología del CIMI, que es una de las dimensiones del índice que está vinculada con la tecnología en las ciudades. CIMI evalúa diferentes ciudades en relación a diez dimensiones: economía, capital humano, tecnología, medio ambiente y gobernanza, entre otras. El desarrollo tecnológico es una dimensión que permite a las ciudades ser sustentables a lo largo del tiempo y mantener o extender las ventajas competitivas de su sistema productivo y de la calidad del empleo. Este subcomponente incluye nueve indicadores entre los cuales figuran el número de suscripciones de banda ancha en el país, la cantidad de usuarios de banda ancha en la ciudad, el número de direcciones de IP per cápita, el número de usuarios de Facebook per cápita, el número de teléfonos móviles per cápita, entre otros. El IESE publica los datos del ranking de las ciudades de América Latina en este subcomponente.

Por otro lado, se emplea una serie de variables que inciden en la determinación de una ciudad inteligente. En el primer modelo, concepto amplio, se incluye el tamaño de la población, la superficie de la ciudad, la tasa de desempleo urbana y si la ciudad pertenece a la región de América Latina. En el segundo modelo, concepto tecnológico, el tamaño de la población, la superficie de la ciudad, nivel económico de la ciudad, nivel educativo de la ciudad, la tasa de desempleo urbana y si la ciudad pertenece a la región de América Latina.

Con estos datos se estima un modelo de regresión multinivel. Estos modelos tienen la ventaja de que las observaciones individuales se agrupan en unidades más grandes, de forma tal que se introduce información adicional procedente del anidamiento de datos (Diez Roux, 2002; OCDE, 2003). De esta forma, los coeficientes de regresión y su variación arrojan mejores estimaciones (De la Cruz, 2008).

Existen dos maneras de elaborar los modelos multinivel: de forma simple o compleja. En el caso simple, se supone que las discrepancias entre los grupos (países) se obtienen en la constante o intercepto. De esta manera, los efectos de cada variable independiente sobre la variable dependiente (“nivel de inteligencia” de las ciudades) son fijos entre países. Son modelos con efectos fijos; las ecuaciones de regresión de cada país son paralelas y sólo se diferencian en la ordenada al origen.

En el caso complejo, las diferencias entre países se observan tanto en el intercepto como en los coeficientes de ciertas variables independientes. Se trata de modelos con efectos aleatorios donde las rectas de regresión de los países se distinguen tanto en la ordenada como en la pendiente. Las variables independientes que explican el modelo poseen diferentes categorías o niveles. Este trabajo utiliza dos niveles: nivel

ciudad (1) y nivel país (2). Las variables de nivel país son iguales para todas las ciudades pertenecientes al mismo país. Las variables de nivel ciudad varían en función de las características propias de cada ciudad. En el caso de que los efectos aleatorios sean estadísticamente significativos, se concluye que los países difieren en su accionar ante las diferencias de origen de las ciudades. Se parte del supuesto de que existe un modelo sobre el nivel de inteligencia de las ciudades compuesto de dos niveles de datos y variables, siendo cinco las variables independientes: tres de nivel ciudad y dos de nivel país.

a. Nivel ciudad:

$$(1) Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + \beta_{2j}Z_{ij} + r_{ij}$$

b. Nivel país:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \beta_{01}P_j + \mu_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10}$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} + \mu_{2j}$$

c. Modelo completo:

$$(2) Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}P_j + \gamma_{10}X_{ij} + \gamma_{20}Z_{ij} + \mu_{0j} + \mu_{2j}Z_{ij} + r_{ij}$$

80

Tal que:

- Y_{ij} es el nivel de inteligencia (esperado) de la ciudad “i” en el país “j”.
- β_{0j} es el intercepto de la línea de regresión para el país “j”.
- β_{1j} es el coeficiente correspondiente a la variable independiente X introducida al modelo con efectos fijos. Luego, β_{1j} al ser igual para todos los países, se representa mediante γ_{10} .
- β_{2j} es el coeficiente correspondiente a la variable independiente Z introducida al modelo con efectos aleatorios. Dado que varía entre países, ésta posee una parte fija (γ_{20}) y una parte aleatoria (μ_{2j}) que representa la distancia residual desde el coeficiente de regresión de los países hasta γ_{20} .
- β_{01} es el coeficiente correspondiente a la variable explicativa P (variable del nivel país). Como esta variable de nivel país difiere entre países, existe un valor de P diferente para cada país “j”. Esta variable influye en el valor del intercepto β_{0j} . En el caso de que existiera otra variable explicativa de nivel país, se agregaría el término $\gamma_{02}P_j$
- r_{ij} es la varianza residual dentro de cada país.
- μ_{0j} es la varianza residual entre países.

Como primer paso, es útil estimar el modelo sin incluir las variables independientes. El modelo nulo indica qué proporción de las diferencias en los niveles de inteligencia de las ciudades se explican por diferencias entre países y qué proporción se atribuye

a divergencias al interior de los países. El modelo formal se expresa de la siguiente manera:

$$(3) Y_{ij} = \gamma_{00} + \mu_{0j} + r_{ij}$$

Donde:

- γ_{00} indica los efectos fijos o determinísticos (intercepto global).
- μ_{0j} y r_{ij} indican los efectos aleatorios o estocásticos.

Los β_{0j} coinciden con las medias de los países o son próximas a éstas. Tal parámetro β_{0j} está formado por una parte fija, común a todos los países (γ_{00}) llamado intercepto global, y una parte aleatoria (μ_{0j}), que representa la desviación del país “j” respecto de γ_{00} , es decir, representa la varianza entre países.

Por otro lado, r_{ij} es el desvío del nivel de inteligencia de la ciudad “i” respecto del promedio del país “j” al que pertenece. Dado que a cada ciudad se le asigna la media de su país como resultado predicho, r_{ij} es igual a la varianza dentro de cada país.

Por lo tanto, en el modelo nulo las varianzas residuales intra-países e inter-países brindan información para calcular el coeficiente de correlación intraclass (ρ), el cual representa la proporción de la varianza residual explicada por diferencias entre países ($\rho = \mu_{0j} / (\mu_{0j} + r_{ij})$), es decir: la proporción de la varianza de los niveles de inteligencia de las ciudades entre países. Si este coeficiente fuera cero no tendría sentido plantear un modelo multinivel (OCDE, 2003).

81

La bondad de ajuste de los modelos se obtiene del indicador llamado “varianza explicada”, que surge de comparar el modelo propuesto con el modelo nulo. El trabajo utiliza el *software* STATA.¹⁴ para calcular los parámetros de las ecuaciones anteriores, los cuales se estiman de forma simultánea a través de métodos iterativos que maximizan una función de máxima verosimilitud.

3. Resultados

A continuación, se exhiben los resultados encontrados de las estimaciones de los dos modelos multinivel. En primer lugar, se presenta un modelo nulo con el fin de determinar la utilidad de emplear regresiones de tipo multinivel. Para ello se evalúan dos indicadores: 1) si los efectos aleatorios de la constante son significativos; y 2) el coeficiente de correlación intra-clase. Tal como se observa en la **Tabla 2**, los efectos aleatorios de la varianza de la constante son estadísticamente significativos en ambos modelos y la proporción de la brecha en los niveles de inteligencia de las ciudades, explicada por diferencias entre las ciudades, es positiva tanto en el modelo de concepto tecnológico como en el modelo con concepto amplio (1.05 y 2.90, respectivamente).

Tabla 2. Resultados del modelo nulo

Efectos aleatorios de los parámetros	Modelos	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza (95%)	
Varianza de la constante	Tecnológico	1411.723	366.228	849.0466	2347.294
	Amplio	155.701	30.29274	106.337	227.9811
Varianza residual	Tecnológico	1332.075	185.169	1014.39	1749.253
	Amplio	53.58977	7.509744	40.71924	70.52841
Coeficiente de correlación intra-clase	Tecnológico	1.05			
	Amplio	2.90			

Fuente: elaboración propia

En segundo lugar, se estima un modelo que sólo incluye variables independientes de nivel ciudad (Modelo 1). De todas las variables, el tamaño de la población de las ciudades no es una variable significativa para explicar el nivel de inteligencia de las ciudades. Por otro parte, en cuanto al desempleo urbano, variable considerada de interés, su incidencia es significativa cuando consideramos el concepto de ciudad inteligente en un sentido amplio. No resulta una variable significativa cuando el concepto de inteligencia se refiere a lo tecnológico.

82

Por lo tanto, según el Modelo 1, el nivel de inteligencia de las ciudades en un sentido tecnológico depende positivamente del nivel económico, del nivel educativo de la población y si la ciudad es de América Latina. Por otro lado, el nivel de inteligencia en un sentido amplio depende en forma negativa del nivel de desempleo de las ciudades y si la ciudad es de América Latina (**Tabla 3**).

Tabla 3. Resultados del Modelo 1: coeficientes

Variable	Modelos	
	Tecnológico	Amplio
Economía	.4025246***	
Población	-7.36e-09	2.73e-09
Educación	.4067304***	
Desempleo	-.3714842	-.4161103**
AI	22.98267**	-13.90236***
Superficie	2.24e-07	

Notas: **, *** significativas al 5 y 10% respectivamente

Fuente: elaboración propia en base a PISA 2012

En tercer lugar, se analiza si los países difieren en su accionar ante las diferencias inherentes a las ciudades en cuanto a su tasa de desempleo urbano. Con este fin, se estima un modelo similar al planteado anteriormente, al cual se le introducen efectos

aleatorios a la variable tasa de desempleo urbano de nivel 1. Los resultados hallados son similares a la tabla anterior y se observa en el modelo amplio que la tasa de desempleo urbana continúa siendo estadísticamente significativa y sus efectos aleatorios también lo son. Por lo tanto, existen políticas que los países pueden aplicar para disminuir la tasa de desempleo de las ciudades (en el modelo amplio).

Por último, se estima un modelo que introduce variables independientes de nivel países (Modelo 3), al mismo tiempo que mantiene las variables de nivel ciudad con efectos fijos.¹ En este caso, interesa especialmente el efecto de la variable IDI para examinar cómo afecta a la varianza del intercepto y su grado de significatividad. Tal como se observa en la **Tabla 6**, el signo de la varianza de IDI es positivo y ésta es estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95% (tanto en el modelo tecnológico como en el modelo amplio). Por lo tanto, se puede deducir que las ciudades que pertenecen a países con un mayor grado de desarrollo en TIC alcanzan, en promedio, un mayor grado de inteligencia. Por otro lado, la variable desempleo urbano sigue siendo significativa (al 1%), y su coeficiente de mayor valor que en los modelos anteriores (**Tabla 4**).

A su vez, llama la atención que la ubicación de las ciudades en la región de América Latina tenga un efecto positivo en el modelo tecnológico, pero negativo en el modelo amplio. Una posible explicación a este resultado es que las ciudades de la muestra pertenecientes a la región de América Latina han mejorado su posicionamiento relativo según el último dato del IESE en cuanto a la dimensión tecnológica. Sin embargo, al considerar la inteligencia de una ciudad en forma amplia, la región no se encuentra en una ventaja relativa por cuestiones que van más allá de lo tecnológico, como pueden ser los problemas de gobernanza o medioambientales.

83

Tabla 4. Resultados del Modelo 3: coeficientes

Variable	Modelos	
	Tecnológico	Amplio
Economía	4260941***	
Población	-8.16e-09	2.67e-09
Educación	.3963661***	
Desempleo	-.4598521	-.4365098***
AI	21.08072**	-13.4663***
Superficie	3.18e-08	

Fuente: elaboración propia en base a PISA 2012

1. No se incorporan en este caso efectos aleatorios de la variable TIC porque el modelo en el *software* no converge.

Tabla 5. Resultados del Modelo 3: efectos aleatorios

Efectos aleatorios de los parámetros	Modelos	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza (95%)	
Varianza (IDI)	Tecnológico	3.103334	10.87413	.00323	2981.607
	Amplio	5.30e-13	3.40e-12	3.40e-12	1.53e-07
Varianza de la constante	Tecnológico	287.425	496.163	9.753285	8470.288
	Amplio	106.1136	26.05659	65.5776	171.7065
Varianza residual	Tecnológico	793.2222	130.191	575.0264	1094.213
	Amplio	48.73536	8.083155	35.20996	67.45636

Fuente: elaboración propia

Por último, en la tabla se determinan los porcentajes de varianza explicados en cada uno de los modelos propuestos comparando el modelo final con el modelo nulo. Se observa que el modelo tecnológico alcanza una mejor bondad de ajuste ya que explica el 60,61% de la discrepancia en los niveles de inteligencia de las ciudades, mientras que el modelo en un sentido amplio explica sólo el 26%. Luego, el modelo tecnológico logra explicar un 79% de las diferencias generadas por desigualdades a nivel países y un 40% de las diferencias originadas por heterogeneidad entre las ciudades.

84

Tabla 6. Bondad de ajuste del modelo

Varianza	Modelos	Modelo nulo	Modelo final	
			Estimación	Porcentaje de varianza sobre el modelo nulo
Varianza de la constante	Tecnológico	1.411,723	287,425	79,6401277
	Amplio	155,7010	106,114	31,84783656
Varianza residual	Tecnológico	1.332,075	793,2222	40,4521367
	Amplio	53,5898	48,7354	9,058463957
Varianza total (constante + residual)	Tecnológico	2743,798	1080,64	60,61517648
	Amplio	209,29	154,848	26,01270964

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

El concepto de ciudad inteligente surge para resolver los problemas de la urbanización contemporánea, y las estrategias deben integrar no sólo consideraciones tecnológicas sino también sociales, políticas y organizacionales. Sin embargo, a nivel de los municipios resulta difícil acceder a datos en relación a estas cuestiones lo que dificulta su comprensión y análisis.

Este trabajo parte del análisis de la literatura sobre las ciudades inteligentes, distinguiendo entre la definición del concepto en un sentido estricto o tecnológico, donde el papel principal proviene de las TIC inmersas en las ciudades, y el concepto en un sentido amplio, que reconoce en lo tecnológico una condición necesaria pero no suficiente para definir el nivel de inteligencia. En este aspecto, es menester incluir cuestiones demográficas, sociales y ambientales, entre otras.

Sobre la base de estos conceptos, se estima un modelo de regresión multinivel que utiliza como variables dependientes el índice *Cities in Motion* (CIMI) y el ranking tecnológico del CIMI para los modelos en sentido amplio y tecnológico, respectivamente. Por otro lado, se incluyen variables explicativas distintas, entre ellas el tamaño de la población, la superficie de las ciudades, el nivel educativo, el nivel económico, la tasa de desempleo urbano y la ubicación de las ciudades (si son de América Latina), estas dos últimas variables en común de ambos modelos.

De acuerdo con los resultados obtenidos tras la estimación del modelo multinivel, el modelo de ciudad inteligente en un sentido tecnológico posee un mayor poder explicativo que el modelo en un sentido amplio. Este resultado se explica en parte por cómo está definida la variable dependiente en el modelo en sentido amplio. Al ser el CIMI un índice multidimensional, es poco factible hallar variables explicativas de ciudad inteligente que ya no estén consideradas en el índice. Por lo tanto, a pesar de que el concepto de ciudad inteligente en un sentido amplio es más adecuado desde el punto de vista conceptual y empírico, resulta menos apropiado para hallar las variables que influyan en el nivel de inteligencia de las ciudades.

Según el modelo tecnológico, el nivel económico, el nivel educativo y la pertenencia a América Latina afectan positivamente el nivel de inteligencia de una ciudad. Asimismo, las ciudades ubicadas en países con un mayor desarrollo en TIC tienen en promedio un mayor nivel de inteligencia. Es decir, países desarrollados digitalmente generan ciudades inteligentes. Por otro lado, el modelo expresado en un sentido amplio permite hallar una relación significativa entre tasa de desempleo urbana y nivel de inteligencia de las ciudades. Cuanto menor es la tasa de desempleo urbana, mayor es el nivel de inteligencia de las ciudades. Este resultado refuerza la idea de que las cuestiones sociales y económicas inciden en una mejor calidad de vida en las ciudades.

Entre las limitaciones del trabajo se encuentra la falta de datos específicos respecto a las subdimensiones del índice CIMI. Por lo tanto, en el modelo tecnológico se emplean variables expresadas en valores relativos pero no absolutos. En un modelo de corte transversal no hay demasiadas implicancias, pero sería interesante emplear

otros indicadores. A su vez, el índice está calculado para algunas ciudades de algunos países; por lo tanto, hay países que poseen más ciudades en la muestra que otros.

Desde las implicancias teóricas del modelo, uno de los principales aportes del trabajo consiste en analizar un tema de investigación de reciente interés entre los académicos y políticos empleando una metodología cuantitativa. El método de modelos de regresión multinivel es ampliamente utilizado en otras disciplinas, por ejemplo para estudiar las variables que explican el rendimiento educativo de los alumnos, con variables a nivel alumnos y escuelas. Sin embargo, no hay evidencias de estudios de este tipo en la materia.

Desde las implicancias prácticas del modelo, el nivel educativo de la población, así como las condiciones económicas en que vive la ciudadanía, son cuestiones que deben estar presentes para permitir el desarrollo de ciudades inteligentes en el sentido tecnológico. Es decir, no basta con un mayor acceso a las TIC en la ciudad si no están dadas las condiciones necesarias para su aprovechamiento. Cuanto más educada esté la población y mejor sea su nivel económico (por ejemplo, en términos de ingreso o de PBI per cápita), es probable que se exploten mejor las oportunidades que brinda la tecnología, lo que se reflejaría en mayor alfabetización digital, mejor infraestructura, mejor equipamiento y conectividad, entre otras cuestiones.

Bibliografía

ALBINO, V., UMBERTO, B. y DANGELICO, R. M. (2015): "Smart cities: definitions, dimensions, and performance", *Journal of Urban Technology*, vol. 22, n° 1, pp. 3–21.

ANTHOPOULOS, L. y FITSILIS, P. (2010): "From Digital to Ubiquitous Cities: Defining a Common Architecture for Urban Development", *Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Environments IE10*, Malasia, IEEE, pp. 301-306.

BELISSENT, J. y GIRON, F. (2013): *Service Providers Accelerate Smart City Projects*, Forrester Research Report, Cambridge, Forrester Publication.

CARAGLIU, A., DEL BO, C. y NIJKAMP, P. (2009): *Smart Cities in Europe*, 3rd Central European Conference in Regional Science, Košice, 7-9 de octubre.

CLAYTON, J. y MACDINALD, S. J. (2013): "The limits of technology", *Information, Communication & Technology*, vol. 16, n° 6, pp. 945-966.

DEBNATH, A. K., CHIN, H., HAQUE, M. y YUEN, B. (2014): "A methodological framework for benchmarking smart transport cities", *Cities*, vol. 37, pp. 47-56.

DE LA CRUZ, F. (2008): “Modelos Multinivel”, *Revista Peruana de Epidemiología*, vol. 12, n° 3, pp. 1-8.

DIEZ ROUX, A. (2002): “A glossary for multilevel analysis”, *Journal of Epidemiology and Community Health*, n° 56, pp. 588-594.

FLORIDA, R. y MELLANDER, C. (2012): “The Rise of Skills: Human Capital, the Creative Class and Regional Development”, *CESIS Electronic Working Paper Series*, n° 266.

GIBSON, D. V., KOZMETSKY, G. y SMILOR, R. W. (1992): *The technopolis phenomenon: Smart cities, fast systems, global networks*, Lanham, Rowman & Littlefield Publishers.

GIFFINGER, R., HAINDLMAIER, G. y KRAMAR, H. (2010): “The role of rankings in growing city competition”, *Urban research & practice*, vol 3, n°3, pp. 299-312.

GLAESER, E. L. y SAIZ, A. (2004): “The Rise of the Skilled City,” *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*, pp. 47–94.

HOLLAND, R. (2008): “Will the real smart city please stand up?”, *City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*, vol 12, n°3, pp. 303-320.

KITCHIN, R., LAURIAULT, T.P. y MCARDLE, G. (2015): “Knowing and governing cities through urban indicators, city benchmarking and real-time dashboards”, *Regional Studies, Regional Science*, vol. 2, n° 1, pp. 6-28.

87

LETAIFA, S. B. (2015): “How to strategize smart cities: revealing the SMART model”, *Journal of business research*, vol. 68, n° 7, pp. 1414-1419.

LUPIAÑEZ, F. y FAULÍ, C. (2017): “Ciudades Inteligentes: Evaluación social de proyectos de Smart Cities”, Centro de Estudios de telecomunicaciones de América Latina.

MARCEAU, J. (2008): “Introduction: Innovation in the city and innovative cities”, *Innovation: Management, Policy & Practice*, vol. 10, n° 2-3, pp. 136-145.

MORETTI, E. (2004): “Estimating the Social Return to Higher Education: Evidence from Longitudinal and Repeated Cross-Sectional Data,” *Journal of Econometrics*, vol. 121, pp. 175–212.

MUSTERD, S. y OSTENDORF, W. (2004): “Creative cultural knowledge cities: Perspectives and planning strategies”, *Built Environment*, vol. 30, n° 3, pp. 188–193.

NAM, T. y PARDO, T. A. (2011): “Smart city as urban innovation: focusing on management, policy and context”, ICEGOV2011, 26-28 de septiembre, Tallinn.

NEIROTTI, P., DE MARCO, A., CAGLIANO, A., MANGANO, G. y SCORRANO, F. (2014): “Current trends in smart city initiatives: some stylized facts”, *Cities*, vol. 38, pp. 25-36.

OCDE (2003): *PISA 2003. Manual de análisis de datos*, Madrid, OCDE.

ODENDAAL, N. (2003): "Information and communication technology and local governance: Understanding the difference between cities in developed and emerging economies", *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 27, n° 6, pp. 585-607.

PARTRIDGE, H. L. (2004): "Developing a human perspective to the digital divide in the 'smart city'", en H. Partridge (ed.): *Australian Library and Information Association Biennial Conference*, 21-24 de septiembre, Gold Coast.

PASKALEVA, K. A. (2009): "Enabling the smart city: the progress of city e-governance in Europe", *Int. J. Innovation and Regional Development*, vol. 1, n° 4, pp. 405-422.

RAUCH, J. E. (1993): "Productivity Gains from Geographic Concentration of Human Capital: Evidence from the Cities", *Journal of Urban Economics*, vol. 34, pp. 380-400.

SHAPIRO, J. M. (2006): "Smart Cities: Quality of Life, Productivity, and the Growth Effects of Human Capital," *Review of Economics and Statistics*, vol. 88, pp. 324-335.

STEINERT, K., MARON, R., RICHARD, P., VEIGA, G., y WITTERNS, L. (2011): "Making cities smart and sustainable. Global innovation index report", pp. 87-95. Disponible en: https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/GII-2011_Report.pdf.

88

TOPPETA, D. (2010): "The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, 'Livable', Sustainable Cities", *The Innovation Knowledge Foundation*.

WASHBURN, D., SINDHU, U., BALAOURAS, S., DINES, R. A., HAYES, N. M. y NELSON, L. E. (2010): "Helping CIOs understand 'smart city' initiatives: Defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO", Cambridge, Forrester Research, Inc. Disponible en: http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf.

WEISI, F. y PING, P. (2014): "A discussion on smart city management based on meta-synthesis method", *Management Science and Engineering*, vol. 8, n°1, pp. 68-72.

WEISS, M. *et al.* (2013): "Cidades inteligentes: casos e perspectivas para as cidades brasileiras". Disponible en: http://www.altec2013.org/programme_pdf/1511.pdf

WINTERS, J. V. (2011): "Why are Smart cities growing: who moves and who stays", *Journal of Regional Science*, vol. 51, n° 2, pp. 253-270.

ZYGIARIS, S. (2012): "Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems", *Journal of the Knowledge Economy*, vol. 4, n° 2, pp. 217-231.

Cómo citar este artículo

ALDERETE, M. V. (2019): “¿Qué factores influyen en la construcción de ciudades inteligentes? Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 71-89.

Innovación tecnológica en la cadena de producción de ropa en Argentina: cuando las apariencias engañan *

Inovação tecnológica na cadeia de produção de roupas na Argentina: quando as aparências enganam

Technological Innovation in the Clothing Production Chain in Argentina: When Appearances Deceive

Gustavo Ludmer **

Este artículo analiza la situación reciente de la innovación tecnológica en la cadena de producción de ropa en Argentina. Para ello se combinan métodos cuantitativos (análisis de las estadísticas disponibles) con cualitativos (entrevistas a informantes clave de la cadena), al tiempo que se realiza una exhaustiva revisión de la bibliografía existente. La investigación permite concluir que la industria de confección de indumentaria muestra escasos esfuerzos en innovación tecnológica, tanto en Argentina como en el mundo. Sin embargo, si se incluye en el análisis a todos los eslabones de la cadena de producción, en especial a las marcas, es posible observar otra realidad. Argentina posee destacadas capacidades de innovación en la cadena de producción de ropa, basadas principalmente en el diseño de nuevos productos por parte de trabajadores de alta calificación (diseñadores profesionales) con reconocimiento a nivel internacional. En contraste, el trabajo verificó la presencia de una trampa de baja productividad en los talleres de confección que permanecen en la informalidad.

91

Palabras clave: innovación tecnológica; cadena de producción; indumentaria

* Recepción del artículo: 24/01/2018. Entrega de la evaluación final: 02/07/2018.

** Becario doctoral del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica (CONICET), con sede en el Centro de Innovación de los Trabajadores de la República Argentina (CITRA). Correo electrónico: gusludmer@gmail.com. El autor agradece los valiosos comentarios a versiones preliminares del estudio por Julio César Neffa, Gustavo Eduardo Lugones, Fernando Porta, Daniel Scheingart, Gonzalo Bernat, Sergio Rosanovich y Juan Pablo Ludmer, y los exime de toda responsabilidad en cuanto a posibles errores u omisiones.

Este artigo analisa a situação recente da inovação tecnológica na cadeia de produção de roupas na Argentina. Para isso, métodos quantitativos (análise das estatísticas disponíveis) são combinados com métodos qualitativos (entrevistas a informantes-chave da cadeia), enquanto se realiza uma exaustiva revisão da bibliografia existente. A pesquisa permite concluir que a indústria de confecção de roupas mostra poucos esforços em inovação tecnológica, tanto na Argentina quanto no mundo. No entanto, se todos os elos da cadeia de produção, especialmente as marcas, forem incluídos na análise, outra realidade pode ser observada. A Argentina possui destacada capacidade de inovação na cadeia de produção de roupas, baseada principalmente no design de novos produtos feito por trabalhadores de alta qualificação (estilistas profissionais) com reconhecimento internacional. Em contrapartida, o trabalho verificou a presença de uma armadilha de baixa produtividade nas oficinas de confecção que permanecem na informalidade.

Palavras-chave: inovação tecnológica; cadeia de produção; roupas

This paper analyzes the recent state of technological innovation in the clothing production chain in Argentina. It combines quantitative methods (analysis of available statistics) with qualitative ones (interviews with key sources in the chain), while carrying out an exhaustive review of the existing bibliography on the matter. The investigation allows concluding that the clothing industry shows little effort towards technological innovation, both in Argentina and the rest of world. However, if all the links in the production chain are included in the analysis, especially brands, it is possible to observe another reality. Argentina has outstanding innovation capabilities in the clothing production chain, based mainly on the design of new products by highly qualified workers (professional designers) who are internationally praised. In contrast, this paper verifies the presence of a low productivity trap in the clothing factories that remain informal.

92

Keywords: technological innovation; production chain; clothing

Introducción

En la actualidad, sólo el segmento industrial de la cadena de producción de la indumentaria genera aproximadamente 115.000 puestos de trabajo asalariados registrados en Argentina (Ludmer, 2016). El sector se compone de eslabones productivos que conforman un complejo y heterogéneo encadenamiento de fabricación para una amplia variedad de prendas de vestir (Kosacoff, 2004). Aguas arriba, la cadena se inicia en el sector primario, donde Argentina cuenta con producción propia de fibras vegetales (principalmente algodón), animales (ovejas, vicuña, llama y alpaca, entre otros) y sintéticas (poliéster) (Ferreira, Gorenstein y Schorr, 2012). Dichas fibras son insumos para las fábricas hilanderas, que constituyen el primer eslabón de la industria textil. Las hilanderías venden su producto final, el hilo, a diversas fábricas tejedurías, que elaboran tejidos de punto y tejidos planos (Matta, 2011). Las telas son utilizadas por los talleres de confección de indumentaria, que producen para el último eslabón de la cadena: un canal de comercialización integrado por reconocidas marcas de indumentaria, supermercados, mayoristas, comercios multi-marcas, comercios minoristas, zonas comerciales (barrios porteños de Flores y Balvanera) y ferias informales (especialmente La Salada) (Miguel, 2013).

A pesar de la importancia de la cadena de valor en términos de creación de empleo, existen pocos antecedentes de estudios sobre la innovación tecnológica en la fabricación de ropa en Argentina.¹ Sólo se identificó un informe de 2013 del ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) de la Nación que describe la situación tecnológica para la cadena textil indumentaria.² El resto de los trabajos existentes sólo estudian la investigación y desarrollo (I+D) a nivel agregado para la industria argentina, sin detener el foco en la fabricación de indumentaria.

93

En este contexto, el presente trabajo investigará el eslabón industrial de confección de ropa y responderá los siguientes interrogantes. ¿Cuántos esfuerzos en I+D realiza esta industria a nivel mundial? ¿La cadena de valor en Argentina muestra un déficit de innovación tecnológica en relación a sus competidores internacionales? ¿Qué actores guían los adelantos tecnológicos en la fabricación de ropa? ¿Qué tipo de innovaciones predominan: de producto, de procesos, organizacional, de marketing o de comercialización? ¿Cuáles son los efectos de los adelantos tecnológicos sobre el empleo del sector?

Para obtener las respuestas de dichas preguntas, el trabajo pone en práctica una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, con el objetivo de sumar sus fortalezas para maximizar la comprensión del proceso de innovación en la industria argentina de confección de indumentaria (Creswell, 2013). En primer lugar, se analiza la información cuantitativa existente referida a la intensidad y a las características de

1. El eslabón industrial de la cadena de valor textil indumentaria representó el 9% del total del empleo asalariado registrado en la industria nacional durante 2015 (Ludmer, 2016).

2. Hoy el organismo se llama Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

la I+D en el sector, tanto para Argentina como para los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Luego se presenta el análisis cualitativo, basado en 21 entrevistas semi-estructuradas en profundidad a informantes clave de la cadena, realizadas entre los meses de agosto y octubre de 2016. Para este estudio se entrevistó al presidente, al vicepresidente y a la gerente general de la Cámara Industrial Argentina de Indumentaria (CIAI), al presidente de la Cámara de Confeccionistas de Pergamino, a cinco dueños y dos gerentes de marcas de indumentaria, a dos dueños de talleres de confección, a un dueño de una fábrica de suéteres, a dos diseñadoras de indumentaria, a cuatro costureros de cooperativas y a un académico de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Se eligió no incrementar la muestra cuando se comprobó que las principales categorías de análisis de la innovación en el sector se encontraban virtualmente saturadas (Mason, 2002; Pauwels y Matthyssens, 2004).³

En relación al alcance geográfico del estudio, las entrevistas se realizaron a actores radicados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), el Conurbano Bonaerense, Pergamino, Arrecifes y Mar del Plata. Sin embargo, dada la elevada concentración geográfica del empleo en el sector (en el tercer trimestre de 2016, el 73,4% del empleo asalariado registrado en el eslabón industrial de la cadena de valor se concentró en CABA y la provincia de Buenos Aires, según datos del ex Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social), las conclusiones del estudio permiten reflejar fidedignamente la naturaleza de la problemática a nivel nacional.⁴

94

Para complementar el análisis se realizó una revisión de la literatura existente, tanto a nivel internacional como local, sobre la innovación tecnológica en la industria de indumentaria. Se propuso rescatar todos los elementos que permitieran conocer las características de las actividades de innovación en el sector, así como los patrones sectoriales del cambio técnico y la relación entre innovaciones y empleo. Las entrevistas también sirvieron para validar o rechazar diversos elementos identificados, tanto en el análisis cuantitativo como en la revisión bibliográfica.

En la parte final, se presentan las principales conclusiones del estudio y se plantean diversos interrogantes vinculados a la innovación tecnológica en el sector. Lejos de agotar la línea de investigación, el trabajo se propone dar el puntapié inicial en el poco explorado campo de estudios sobre la innovación tecnológica en la confección de indumentaria.

1. ¿Qué nos dicen los datos?

En primer lugar, el análisis del comportamiento en materia de I+D en el sector comenzará con una instancia cuantitativa, basada en el estudio y el tratamiento de la

3. En efecto, se verificó la saturación cuando las últimas entrevistas prácticamente no sumaron información relevante o que modificara la hasta entonces recabada.

4. Hoy la cartera de trabajo corre por cuenta del Ministerio de Producción y Trabajo.

información estadística disponible, tanto a nivel local como internacional. El objetivo es contextualizar el caso argentino y comparar su situación con la de otros países. Para ello, se presentan los datos referidos a la intensidad en I+D para Argentina y para países de la OCDE.⁵

En este trabajo se utiliza la definición tradicional del indicador de intensidad en I+D, calculado como el *ratio* entre gastos en I+D y el valor agregado, en función de la definición de la OCDE (2015). A su vez, el gasto en I+D capta las estrategias de innovación de empresas y países, y su definición más actualizada se brinda en la sexta revisión del Manual de Frascati (2015): “La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo y sistemático emprendido para aumentar el acervo de conocimientos —incluido el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad— e idear nuevas aplicaciones del conocimiento disponible” (OCDE, 2015: 378, traducción propia).

Además de Argentina, el estudio incluye a Alemania, Bélgica, Brasil (en adhesión a OCDE), Corea, Dinamarca, Eslovenia, España, Francia, Holanda, Hungría, Japón, Polonia, Portugal, Reino Unido y República Checa. La muestra de países fue construida con la totalidad de las naciones que presentaron los datos necesarios para la construcción de la intensidad en I+D, con desagregación a nivel industria de confección de ropa.⁶

Para comenzar con la comparación internacional, el Cuadro 1 presenta la intensidad en I+D para las economías seleccionadas expresada como proporción del Producto Interno Bruto (PIB) de cada uno de ellos. La información refiere a 2014 (último disponible para todos) y fue obtenida del Banco Mundial (BM). La primer conclusión es que la economía argentina realiza menores esfuerzos en materia de I+D que el resto de los países de la muestra. Sin embargo, si la comparación se realiza con todos los países del mundo sobre los cuales el Banco Mundial posee información, Argentina se ubicó en 2014 en la posición 45 de 80.⁷

95

5. Si bien también existen otros indicadores para comparar las conductas de innovación (patentes per cápita, recursos humanos en I+D, regalías, exportaciones según contenido tecnológico, entre otros), el de intensidad en I+D es el que permite una mejor comparabilidad entre países y sectores, al existir información desagregada a dos dígitos de nivel de actividad.

6. Actividad 14 según la Revisión 4 del Clasificador Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

7. El BM no dispone estadísticas actualizadas para 114 países, muchos de los cuales ni siquiera miden los gastos en I+D. De suponer que dichos países tienen gastos en I+D menores que en Argentina (un supuesto a priori razonable), nuestro país se ubicaría en la posición 45 de 194.

**Cuadro 1. Intensidad en I+D del total de la economía:
países seleccionados (en % del PIB, 2014)**

Corea	4,28	Noruega	1,72
Japón	3,40	Reino Unido	1,68
Dinamarca	2,98	Italia	1,38
Alemania	2,89	Hungría	1,36
Bélgica	2,46	Portugal	1,29
Eslovenia	2,38	España	1,23
Francia	2,24	Brasil	1,17
Holanda	2,00	Polonia	0,94
República Checa	1,97	Argentina	0,59

Fuente: elaboración propia en base a datos del BM

Luego se procede a la comparación internacional de la intensidad en I+D, tanto a nivel de industria manufacturera como para el sector de fabricación de ropa. Siguiendo las recomendaciones de Galindo-Rueda y Verger (2016), se elaboró el indicador de intensidad en I+D utilizando el valor agregado (VA) para evitar las distorsiones entre sectores industriales que surgen en caso de trabajar con el valor bruto de producción (VBP).⁸

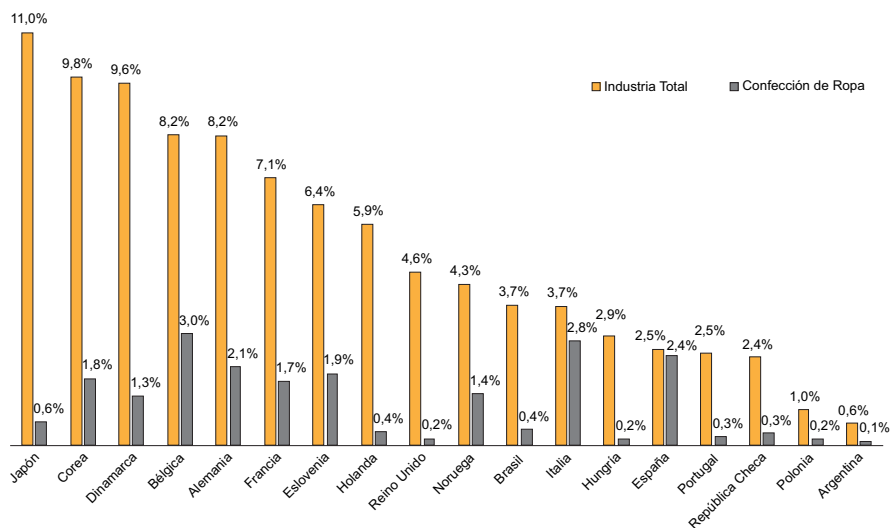
96

Para comparar la situación de Argentina con la de los países de la OCDE fue necesario recurrir a distintas fuentes de información. Para estos últimos, el indicador de intensidad en I+D se construyó en base a la información de gasto en I+D por sector industrial para 2012, en la moneda del país de origen, de la Analytical Business Enterprise Research and Development Database (ANBERD) de la OCDE. A su vez, dicha variable fue dividida por el VA según sector industrial (mismo año y moneda), disponible en la Structural Analysis Database (STAN) de la OCDE. Para el caso argentino, se trabajó con los micro-datos para 2012 de la Encuesta Nacional del Empleo y la Innovación (ENDEI), elaborada conjuntamente por el ex MINCYT y el ex MTEySS.

El **Gráfico 1** muestra la intensidad en gastos en I+D como porcentaje del valor agregado para los países de la muestra, tanto para la industria en general como para la fabricación de indumentaria en particular. En primer lugar, es posible observar que la industria argentina es la que menores gastos realiza en materia de I+D, en relación a los países seleccionados. Este resultado es consistente con la posición relativa que ubica la economía argentina en relación a su Intensidad en I+D, comparado con los países analizados.

8. En efecto, si un sector industrial posee un proceso productivo con mayor proporción de consumos intermedios que el promedio industrial, su esfuerzo en I+D puede quedar subestimado si se utiliza el VBP.

Gráfico 1. Intensidad en I+D en la industria y en la confección de ropa: países seleccionados (en % del valor agregado, 2012)



Fuente: elaboración propia en base a datos de OCDE Stats y ENDEI

97

Se evidencia que, para la totalidad de los países seleccionados, la fabricación de ropa muestra una intensidad en I+D sensiblemente menor en relación a la industria manufacturera total (en torno a la cuarta parte). Esto permite extraer una primera conclusión: es una constante a nivel mundial que el sector realiza un menor esfuerzo en innovación respecto al promedio industrial. Sin embargo, y como se verá más adelante, esta conclusión sólo es válida si se analiza estrictamente el eslabón industrial de confección, aunque no aplica para la totalidad de la cadena de valor.

Ahora bien, cabe preguntarse si más allá de las diferencias en la conducta de innovación respecto al nivel de la industria en general, ¿la confección de ropa en Argentina muestra deficiencias aún mayores con respecto al resto de los países? Es decir, aun considerando el déficit de inversión en I+D de la industria argentina en relación al resto, ¿el eslabón nacional es menos innovador? Para responder esta pregunta se presenta el **Cuadro 2**, que muestra la relación matemática entre el esfuerzo en I+D de la industria de ropa respecto al de la industria en general, para los países de la muestra.⁹

9. Dicho indicador fue construido como un cociente, donde en el numerador se consideró la intensidad en I+D en la confección de indumentaria del país X y en el denominador la intensidad en I+D para la industria total del país X.

Cuadro 2. Relación Intensidad en I+D en fabricación de ropa respecto a industria total: países seleccionados (en %, 2012)

España	93,7%	Polonia	17,4%
Italia	74,7%	República Checa	13,7%
Bélgica	36,0%	Dinamarca	13,5%
Noruega	32,1%	Brasil	11,3%
Eslovenia	29,9%	Portugal	10,2%
Alemania	25,4%	Holanda	6,1%
Francia	23,9%	Hungría	6,0%
Corea	18,2%	Japón	5,7%
Argentina	17,9%	Reino Unido	3,5%

Fuente: elaboración propia en base a datos de OCDE Stats y ENDEI

98

Es posible observar que la confección de indumentaria en Argentina mantiene una proporción de intensidad en I+D de 17,9% respecto al promedio del sector industrial, en similar nivel que Corea y Polonia y cercana a Francia y Alemania. Si bien lejos de España e Italia, la situación relativa en Argentina para la industria de confección muestra una menor diferencia respecto al promedio de la industria total que en Reino Unido, Japón, Brasil y varios otros países desarrollados. Esto permite extraer una segunda conclusión: el diferencial de innovación de la industria de ropa en Argentina respecto a los países de la muestra no es una anomalía particular del sector, sino que obedece a la diferencia tanto a nivel industria en general como de la economía en su conjunto, cuyas causas abordaremos más adelante.

En relación a la intensidad en I+D en la fabricación de ropa, los países que muestran mayores esfuerzos en términos absolutos son Bélgica, Italia y España. En este punto resulta necesario considerar que en algunos de estos países la industria de fabricación de ropa tiene una participación muy reducida en la estructura económica (por ejemplo, Bélgica). Por ello, a continuación el **Gráfico 2** relaciona el perfil innovador de la industria de ropa con su importancia relativa al interior de cada una de las economías.

Gráfico 2. Intensidad en I+D. Confección de ropa e importancia del sector en el valor agregado de la industria: países seleccionados (2012)



Nota: *Eje horizontal*: Participación en % de confección en el VA industrial

Eje vertical: Intensidad en I+D como % del VA del sector de confección

Fuente: elaboración propia con datos de OCDEStats, ENDEI e Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

99

Es posible detectar que no existe una relación unívoca entre ambas variables para los países de la muestra, sino diferentes combinaciones que configuran perfiles particulares. En Portugal, Argentina, Brasil e Italia, la industria de confección de indumentaria tiene un peso significativo en la estructura industrial, aunque sólo en Italia la I+D juega un rol destacado. Mención aparte merecen Corea y España, que también poseen industrias de ropa de perfil innovador y de importancia no despreciable (en torno al 2% del VA industrial).

El análisis de la información cuantitativa permite apreciar que, lejos de ser una anomalía a nivel internacional, el sector de fabricación de ropa en Argentina realiza, en términos relativos, esfuerzos en I+D similares a los de otros países del mundo. Las diferencias con los países de la frontera tecnológica se explican, en primer lugar, por los menores gastos en I+D de la economía argentina en su conjunto y de la industria nacional en particular. A continuación se analiza el estado del conocimiento respecto a la innovación, tanto a nivel internacional como en la industria argentina en general, y —en particular— en el eslabón de fabricación de ropa. La metodología utilizada incluye entrevistas con informantes clave, con el objetivo de brindar respuestas que permitan interpretar los resultados obtenidos.

2. Innovación tecnológica en la cadena de fabricación de ropa a nivel mundial

La segunda mitad del siglo XX fue testigo del auge de los estudios sobre temas vinculados con la innovación tecnológica. Se dio nacimiento así a corrientes teóricas que postularon visiones dinámicas y complejas sobre la competitividad de las empresas y de las naciones (Chesnais y Neffa, 2003). Los investigadores pusieron el foco en la importancia del desarrollo de capacidades de innovación, entendidas como la potencialidad para desarrollar o mejorar productos y procesos, así como para realizar transformaciones organizacionales y en los esquemas de comercialización (Bell y Pavitt, 1993).

Uno de los trabajos pioneros en examinar las diversas características de la I+D según sectores industriales fue el de Pavitt (2003 [1984]), quien estudió la forma que adoptaban los esfuerzos en I+D de las firmas para las diferentes ramas industriales entre 1945 y 1979 para el Reino Unido. Su aporte fundamental fue la creación de una tipología que caracteriza a los sectores de la industria según el patrón de cambio tecnológico (Archibugi, 2001). En función de quién domine la innovación tecnológica, Pavitt (2003) agrupó a los sectores según: i) dominados por el proveedor; ii) dominados por proveedores especializados de bienes de capital y equipo; iii) sectores intensivos en escala; y iv) sectores de base científica.

“El caso de las firmas textiles (...) muestra una gran dependencia de las fuentes externas para la tecnología de procesos, una proporción de actividad innovadora relativamente pequeña dedica a las innovaciones de producto, un tamaño promedio relativamente pequeño de la firma innovadora, una diversificación preponderantemente vertical hacia la tecnología de producto, con muy poco movimiento hacia otros mercados de productos y un considerable aporte de innovaciones provenientes del sector de firmas con su actividad principal en otro sector (...) firmas proveedoras de maquinarias (...) y empresas químicas” (2003: 61).¹⁰

Pavitt (2003) ubicó al sector de fabricación de ropa entre aquellos donde el cambio tecnológico se encuentra dominado por los proveedores de bienes de capital y equipos, principalmente por el segmento de maquinarias. Nos referimos a las mejoras incrementales que desarrolla la industria de maquinarias para la confección, tales como nuevas máquinas de coser, de bordar, de estampar, de corte, de colocación de avíos, entre otras. Adicionalmente, la industria química innova a través del desarrollo de mejoras y de nuevos productos textiles, ya sean de origen animal, vegetal o sintético. En este sentido, existe consenso a nivel internacional en considerar a la fabricación de ropa como una industria tecnológicamente madura, en la cual las innovaciones son eminentemente incrementales (Costa, Duch y Lladós, 2001; Grimsham y Muñoz de Bustillo, 2016). Tanto la madurez de la tecnología como el

10. Tradicionalmente se agrupa al sector textil con el de confección de indumentaria debido a que integran la misma cadena de valor.

hecho de que las innovaciones provengan de otros sectores industriales explican que las empresas del sector no se caractericen por realizar esfuerzos propios en materia de innovación, más allá de los casos excepcionales mencionados anteriormente. Las firmas se encuentran sometidas a una intensa presión competitiva, en particular desde los países asiáticos, que motiva la necesidad de minimizar costos, entre ellos los gastos en I+D. Esto explica los menores gastos en I+D del sector a nivel internacional en relación con otros sectores industriales, para los cuales la competencia tecnológica sí constituye el eje de la conquista de los mercados.

Un elemento central para comprender esta industria radica en que el proceso productivo de confección de prendas se caracteriza por un alto requerimiento de mano de obra y por economías constantes a escala: una máquina de coser necesita de un costurero (Porta y Bianco, 2009). Por ello en la ecuación de costos de las fábricas de confección, el componente salarial es el principal determinante de la competitividad de la unidad productiva. En su proceso de internacionalización, muchos países asiáticos optaron por mantener salarios reducidos como estrategia para atraer inversiones (Porta, Sancartángelo y Schteingart, 2017). Esto permitió la profunda reconfiguración del mercado internacional de ropa hacia fines del siglo XX y principios del nuevo milenio, posibilitada por la desregulación de las barreras al comercio mundial de dichos productos (Bezchinsky y Rozenwurcel, 2013).

En efecto, durante las últimas décadas del siglo XX, la mayoría de las empresas de los países desarrollados relocaron la confección, caracterizada por los altos requerimientos de mano de obra, a países subdesarrollados, generalmente del sudeste asiático, aprovechando los reducidos salarios (Gereffi y Frederick, 2010). Al mismo tiempo, las marcas conservaron en sus casas matrices el *core business* (núcleo del negocio), es decir, aquellas etapas con mayores niveles de rentabilidad y de I+D: las actividades de diseño, de comercialización, de marketing, los servicios financieros y control de la cadena global, como la distribución y la logística (Gereffi, 1994; Appelbaum y Gereffi, 1994). Todas estas tareas se encuentran por fuera del segmento de fabricación propiamente dicho. Cabe señalar que el caso italiano —lo mismo ocurre, aunque en menor medida, en el caso español y el coreano— fue una excepción parcial, pues conservó en su país una importante industria de confección de indumentaria, con destacados esfuerzos en I+D.

Esta reconfiguración constituyó a la cadena de la ropa como una cadena productiva dirigida por la etapa comercializadora (cadena *buyer-driven*). En palabras de Gereffi:

“... estas empresas diseñan o comercializan —pero no fabrican— los productos de marca que piden a los fabricantes. Forman parte de una nueva generación de “fabricantes sin fábricas” que separan la producción física de los bienes de las etapas del diseño y la comercialización del proceso productivo. En las cadenas dirigidas por los intermediarios comerciales, las utilidades no provienen tanto de la escala, el volumen o los adelantos tecnológicos, como ocurre con las cadenas dirigidas por los fabricantes, sino más bien de peculiares combinaciones de investigación de alto valor, diseño, ventas, comercialización y servicios financieros” (Gereffi, 2000: 12).

En un trabajo posterior, Gereffi, Humphrey y Sturgeon (2005) desarrollaron otra tipología complementaria para describir las características que pueden adoptar las cadenas globales de valor y sofisticaron el análisis para el caso de indumentaria. Los autores destacan que el upgrade logrado por diversas naciones asiáticas fue gracias al tránsito desde cadenas de redes cautivas a la producción de paquetes completos de ropa, que implican formas más complejas de coordinación, de intercambio de conocimientos y de autonomía del proveedor, características típicas de las cadenas de valor relacionales (Gereffi, Humphrey y Sturgeon, 2005).¹¹

“Desde una perspectiva de desarrollo, la principal ventaja de la función de exportación de paquetes completos, en comparación con el simple ensamblaje, es que permite a las empresas locales aprender a fabricar bienes de consumo competitivos a nivel internacional y genera importantes vínculos hacia atrás con la economía nacional. El aumento de la competencia de los proveedores ha sido el principal impulso al cambio de las cadenas de valor cautivas a las relacionales en la industria de la confección” (Gereffi, Humphrey y Sturgeon, 2005: 92, traducción propia).

Ahora bien, las clasificaciones internacionales de sectores industriales según intensidad tecnológica ubican al eslabón industrial de fabricación de ropa dentro del grupo de las *low tech* (Hatzichronoglou, 1997; Llal, 2000; Galiendo-Rueda y Verguer, 2016). De hecho, en la taxonomía de las actividades económicas en función de la intensidad de I+D que utiliza actualmente la OCDE, fabricación de prendas de vestir se ubica dentro de las manufacturas de media-baja tecnología. En la misma línea, trabajos como los de Grimsham y Muñoz de Bustillo (2016) y del ex MINCYT (2015) destacaron el reducido potencial del eslabón industrial para el cambio tecnológico en relación a otros sectores industriales más dinámicos.

Sin embargo, resulta fundamental destacar un elemento decisivo: el hecho de que el segmento de fabricación de ropa no se caracterice por realizar esfuerzos en I+D no significa que no exista I+D a lo largo de la cadena de valor. En efecto, la producción de prendas sí realiza innovaciones principalmente a través de la diferenciación de productos, elemento decisivo de la competitividad no precio de los países. Las marcas de ropa innovan a través de profesionales capacitados, principalmente diseñadores de indumentaria, que desarrollan nuevas prendas y colecciones de moda (Costa *et al.*, 2001). Dichos autores también destacan la existencia de innovaciones a través del uso de nuevos materiales textiles.

En particular, la mayoría de los entrevistados señaló que el ciclo de vida de la ropa se ha reducido drásticamente en las últimas décadas, lo que obliga a las empresas a

11. Gereffi, Humphrey y Sturgeon (2005) entienden por cadena relacional a las redes donde existe dependencia mutua entre clientes y proveedores; y por cadena cautiva a las redes donde pequeños proveedores se caracterizan por una elevada dependencia de compradores con mayor poder de mercado.

un permanente esfuerzo de adaptación al mercado. Los tiempos de respuesta a las nuevas demandas son cada vez más cortos, lo que implica la necesidad de adaptar todas las fases del proceso productivo. En este escenario, las marcas utilizan sistemas flexibles de producción y distribución, y estrategias organizativas innovadoras, basadas en la flexibilidad productiva, la rápida respuesta y la cooperación entre empresas de la cadena (Costa *et al.*, 2001).

Un empresario de ropa femenina con venta al por mayor en el barrio de Flores señaló: “Antes había sólo dos temporadas: primavera-verano y otoño-invierno. Ahora hay algunos jugadores internacionales, como por ejemplo Zara y Falabella, que sacan colecciones distintas todos los meses, obligándonos a renovar nuestras colecciones más rápidamente, para no quedarnos afuera del mercado”.

3. Innovación tecnológica en la cadena de fabricación de ropa en Argentina

3.1. La innovación en una cadena heterogénea

A partir de un riguroso análisis de las diversas encuestas de innovación tecnológica, Anlló, Lugones y Peirano (2007) destacan que las empresas industriales argentinas destinan una proporción reducida de sus recursos al fomento del cambio tecnológico. Los autores identifican como causas la elevada volatilidad económica de la historia Argentina durante las últimas décadas, en particular las crisis económicas y las configuraciones macroeconómicas adversas a la producción nacional (Anlló *et al.*, 2007; Arza, 2006). Bernat (2016) identifica la causa de este comportamiento en que los resultados económicos de las industrias se encuentran desvinculados de los esfuerzos aplicados en el terreno de la innovación y el aprendizaje y pasan a estar principalmente determinados por el comportamiento macroeconómico.

103

José Ignacio De Mendiguren, vicepresidente de la CIAI, resumió el efecto de la volatilidad macroeconómica: “En Argentina cada diez años cambian las reglas económicas y lo que hoy se fabricaba acá, mañana se trae de afuera. Por eso, cuando me va bien, no pongo todos los huevos en la misma canasta y diversifico mis inversiones. De la fábrica para adentro yo puedo ser el más productivo del mundo, pero si el dólar está barato, no tengo cómo competir con los chinos”. En esta misma línea, el dueño de una fábrica de suéteres con más de 100 empleados afirmaba: “Una parte importante de mis ganancias en esta empresa yo las uso para invertir en otros sectores, principalmente en la compra de propiedades inmobiliarias”.

Por otro lado, diversos estudios destacan que las capacidades tecnológicas de las empresas industriales argentinas muestran una fuerte y positiva relación con el tamaño de las firmas, con la importancia de la IED recibida en el sector, con el grado de calificación de su mano de obra y con la inserción externa de la empresa (Rabetino y Yogueuel, 2000; Sanguinetti, 2005; Chudnovsky, López y Pupato, 2006). En este sentido, el eslabón de confección de ropa no reúne ninguno de estos requisitos: se caracteriza por la mayor participación de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), principalmente de capital nacional, trabajadores con escasa calificación, y producción destinada fundamentalmente al mercado interno (Kosacoff, 2004; Matta,

2011; Ferreira y Schorr, 2013; Ludmer, 2016). Como destacaba Alicia Hernández, gerente general de la CIAI: “Hay muy pocas grandes empresas en la industria argentina de fabricación de ropa, es un eslabón muy pyme, casi en su totalidad de capitales nacionales y con producción orientada al mercado interno. En la actualidad se exporta muy poca ropa, hace cinco años se exportaba mucho más”.

Adentrándonos en el análisis del sector de fabricación de ropa, los resultados de la ENDEI validan la menor conducta innovadora de las empresas del sector (sólo el 15% realizó esfuerzos internos en I+D) respecto al promedio de la industria manufacturera (el porcentaje asciende al 35%). También se verifica el argumento de Pavitt sobre el rol protagónico de los proveedores a la hora de guiar el cambio tecnológico. En efecto, el 82,7% de los gastos en actividades de innovación se concentraron en la adquisición de maquinarias y equipos, posicionándose como el sector de la industria argentina que más concentra sus esfuerzos en actividades de innovación en este tipo de gasto (MINCyT, 2015).¹² Las empresas innovadoras de maquinarias más importantes en el segmento son originarias de Europa (Italia, Alemania, Suiza) y de Asia (China, Japón). Por su parte, las fábricas argentinas de confección importan el 90% de las máquinas desde China y el 8% desde Japón (Roca, 2013).

Ahora bien, el estudio de Rabetino y Yoguel (2000) sobre innovación en empresas industriales argentinas para fines de la década del 90 demostró la presencia de una importante heterogeneidad en las conductas tecnológicas de las empresas de un mismo sector industrial, elemento no contemplado en la teoría de regímenes tecnológicos sectoriales de Pavitt. Esta realidad también es confirmada en el trabajo de Baruj y Porta (2015), quienes ubican a la cadena de la ropa entre aquellos sectores donde las diferencias en la conducta en innovación tecnológica a nivel empresa son de las más acentuadas. En la cadena coexisten marcas y fábricas líderes con importantes esfuerzos en I+D, junto con talleres de confección que no realizan ninguna actividad de innovación.

Cabe aclarar que en esta investigación se utiliza la noción de cadena productiva desarrollada por Gereffi y Korzeniewicz (1994), que incluye a toda la gama de actividades que suponen el diseño, la fabricación y la comercialización de un producto (en este caso, la ropa). De esta forma, la cadena productiva también está compuesta por marcas de indumentaria que, si bien no pertenecen estrictamente al sector industrial, son responsables de encargar la producción, diseñar las prendas y venderlas.

Las marcas orientadas a los segmentos de mayores ingresos basan sus capacidades competitivas en la calidad, el diseño y la diversidad de productos, la innovación permanente, así como la rapidez para responder a las nuevas demandas de los consumidores (Baruj y Porta, 2015). Dichas marcas suelen tener

12. El indicador de actividades de innovación es más amplio que el de la I+D interna de la empresa, pues también incluye la subcontratación de I+D externa, la adquisición de maquinaria y equipos, la adquisición de *hardware* y *software* para innovación, la transferencia tecnológica, la capacitación para la introducción de innovaciones, las consultorías y el diseño industrial e ingeniería (interna).

departamentos propios de I+D, encargados de diseñar nuevos productos, e invierten importantes recursos en innovación tecnológica. En un trabajo anterior, se realizó una encuesta a diversas marcas de indumentaria nacionales que respondieron que, en promedio, 4,7% de su facturación se destina a marketing y diseño (Ludmer, 2016).¹³

De las entrevistas realizadas, es posible concluir que, a lo largo de varias décadas, la cadena productiva de la ropa en Argentina fue desarrollando capacidades de innovación a través del diseño de nuevos productos, gracias a un proceso de aprendizaje, inversión, desarrollos de marcas y capacidades de diseño. Como señaló Claudio Drescher, presidente de la CIAI: “Hoy en día, nuestro país cuenta con un activo a nivel regional basado en la elevada presencia de marcas nacionales de indumentaria, cuya clave de negocio es la diferenciación del producto y el diseño. Los diseñadores argentinos son reconocidos internacionalmente por transformar simples pedazos de telas en prendas de ropa de alta moda”.

En 1989, la Universidad de Buenos Aires inauguró la carrera de diseño de indumentaria. Junto con la Universidad de Palermo, se estima que egresaron más de 10.000 profesionales, de los cuales una parte se transformó en emprendedores, quienes a través del diseño y la confección de prendas, desarrollaron una gran cantidad de empresas innovadoras, con una oferta y calidad difícil de encontrar en otros países de la región (Miguel, 2013). En efecto, Argentina posee una impronta propia de diseño, fuente de valor agregado, asentada en Buenos Aires, considerada por algunos como la capital de la moda de Latinoamérica (Miguel, 2013).

En efecto, los actores clave de la cadena indicaron que la mayoría de los diseñadores se desempeña en las áreas de I+D de las marcas nacionales, otros se ocupan de desarrollar marcas propias y una significativa porción fabrica por su propia cuenta, lo que se conoce como diseño de indumentaria de autor. Nuestro país posee un importante segmento de diseño, que se caracteriza por su potencialidad y capacidad de generación de nuevos productos (Marré, 2017). Sin embargo, al tratarse de micro-empresarios guiados por diseñadores, se ha constatado la existencia de deficientes capacidades gerenciales y empresariales que se constituyen como un obstáculo para la extensión del sector (Roca, 2013).

En 2012, Argentina llegó a exportar 110 millones de dólares en ropa a razón de 53.700 dólares promedio la tonelada, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). En palabras del gerente económico de una marca nacional de ropa: “Son exportaciones con mucho valor agregado, que incluyen telas nacionales, posicionamiento de marcas, empleos industriales, y una fuerte innovación, realizado por profesionales especializados en el diseño de nuevos productos”. En este punto estamos en condiciones de destacar un elemento nodal en la problemática de la innovación tecnológica en la cadena de la ropa. La metodología de cálculo de las encuestas de innovación en la industria, tanto por parte de la OCDE como en la ENDEI, ubica a las marcas de ropa por fuera del segmento industrial, en

13. En ese trabajo no se dividió la pregunta entre los dos sub-rubros (marketing y diseño).

el eslabón de la comercialización. De esta forma, las encuestas no captan los esfuerzos de innovación en el diseño de nuevos productos por parte de las marcas, lo que subestima el gasto en I+D de la cadena de producción en su conjunto, entendida como una compleja unidad en los términos de Gereffi y Korzeniewicz (1994). En efecto, Yasmína Salomón, gerente de costos de Jazmín Chebar, una reconocida marca de indumentaria de mujer de origen nacional, afirma que la marca para la que trabaja “está registrada en el rubro comercialización minoristas de prendas de vestir, porque esa es la actividad principal de la empresa. El diseño de las prendas lo hacemos nosotros y encargamos a la confección a talleres externos a nuestra empresa”.

El *outsourcing* que tuvo lugar desde la década de 1970 significó que las empresas industriales se desvincularan de diversas actividades que pasaron a ser realizadas por empresas independientes (Schteingart y Coatz, 2016). Tener en consideración este factor permite moderar la aseveración sobre la reducción del empleo industrial que señalan las estadísticas públicas, pues “tales flamantes empresas independientes no podrían subsistir sin la demanda de la empresa industrial que las subcontrató” (Schteingart y Coatz, 2016: 64). Algo similar ocurre con los esfuerzos de I+D y la capacidad de innovación tecnológica en la cadena de producción de indumentaria. Como indica Alicia Hernández: “Antes el diseño y la fabricación se realizaban en una misma empresa. En las últimas décadas del siglo XX, la cosa cambió y ahora las empresas se fueron especializando: algunas hacen diseño, desarrollan marcas y se dedican a la comercialización, y otras se abocan a la fabricación de la ropa. En su gran mayoría, estos talleres trabajan por encargo de las marcas, quienes les dan los moldes, los diseños, las cantidades y las fechas de entrega”.

106

La importación de ropa sustituye la producción de los talleres nacionales afectando los puestos de trabajo y las capacidades empresariales desarrolladas en el segmento industrial (Ludmer, 2016). Sin embargo, un aspecto prácticamente ignorado es que la importación de ropa de marcas internacionales, en particular por parte de los retailers, también representa una pérdida en las capacidades nacionales de innovación contenidas en las prendas a través de su diseño. Magalí Álvarez, diseñadora de Jungla, marca propia de indumentaria para bebés y niños, explicitó esta problemática: “Los grandes retailers internacionales hacen el diseño de sus prendas en donde ellos quieren, generalmente en Europa. Si el mercado argentino es invadido por ellos, por ejemplo, si entran otros grandes como H&M, El Corte Inglés, Mango, muchos de los diseñadores que trabajan para marcas nacionales se quedarían sin trabajo”.

La heterogeneidad de la cadena de producción de ropa en Argentina se completa con un sector compuesto por fabricantes y confeccionistas cuentapropistas, donde la competencia entre las unidades productivas no es por diferenciación de producto sino a través de la minimización de costos y precios (Roca, 2013). En este eslabón, prevalecen estrategias flexibles y de tercerización, donde la sub-contratación de talleres y costureros en la informalidad es moneda frecuente (Montero Bressán, 2014). Por ejemplo, durante las últimas décadas del siglo XX, la costura, el estampado y el bordado de las prendas, procesos que necesitan un reducido nivel de calificación de la mano de obra, se dividieron en pequeños eslabones productivos

acentuando la tercerización y la subcontratación como formas de organización de la producción de ropa en Argentina (Salgado, 2015).

En efecto, la excesiva división del proceso productivo en sucesivas fases intermedias de características homogéneas, repetitivas y de corta duración implica que la capacitación de la mano de obra sea una tarea relativamente sencilla y rápida (Baruj, Porta y Zweig, 2017). Este factor, combinado con la presencia de trabajadores en situaciones socioeconómicas vulnerables, en su mayoría de origen inmigrante, explica la presencia de una amplia oferta laboral dispuesta a trabajar a cambio de reducidos ingresos (Salgado, 2012).

Así, procesos intensivos en mano de obra lograron invisibilizarse ante las autoridades públicas de inspección, evadiendo el pago de las cargas sociales de los trabajadores y el cumplimiento de los respectivos convenios laborales (Lieutier, 2010). Encubriendo una relación salarial, se difundió como forma de pago a los trabajadores el pago por prenda terminada. Esto significó la transferencia a los costureros de los riesgos de los cambios en la demanda de ropa, caracterizada por dos picos anuales de alto consumo (temporadas de invierno y de verano). Estos cambios provocaron el deterioro de las condiciones de vida de los trabajadores (Lieutier, 2010).

Sin embargo, también hubo efectos negativos en la productividad de la industria de confección, donde comenzaron a emerger formas de organización más precarias, con tiempos muertos por el traslado de los productos entre las distintas unidades productivas. Diversos autores destacan que en los talleres informales se fabrica alrededor del 60% de las prendas del mercado argentino (Lieutier, 2010; Montero Bressán, 2014; Ferreira y Schorr, 2013; Adúriz, 2009). Las unidades productivas informales se constituyen como el caso extremo de ausencia de innovación tecnológica. La reducida productividad de la unidad productiva es compensada a través de una sobre-explotación de los trabajadores, que se ven necesitados de cumplir extensas jornadas laborales (12 horas de duración, en promedio) para lograr ingresos de subsistencia (Egan, 2013).

Es la propia atomización de la producción en unidades productivas informales, entre las cuales se encuentran los talleres familiares y los talleres clandestinos, la que determina ingresos de subsistencia para los costureros (Montero Bressán, 2012). Los costureros entrevistados del Movimiento de Trabajadores Excluidos (Textil), pertenecientes a la Confederación de Trabajadores de la Economía Popular (CTEP), destacaron dicho fenómeno. “Las máquinas más nuevas cuestan aproximadamente 30.000 pesos. Para nosotros es mucha plata y tenemos que estar varios años para ahorrar esa suma. Nos arreglamos con estas que son más viejas, baratas y básicas” (Pablo C., costurero de la cooperativa Copacabana).

La informalidad laboral que impera en la cadena implica no sólo ingresos reducidos cercanos al salario mínimo vital y móvil, sino que en su mayoría los costureros no se encuentran bancarizados ni son sujetos de crédito, por lo cual no pueden acceder a financiamiento para la inversión en máquinas más modernas y productivas (Lieutier, 2010). Se conforma así una situación perversa donde la baja productividad de dichas unidades productivas es compensada con la sobre-explotación de sus trabajadores

(Egan, 2013). En otras palabras, el sector informal de confección en Argentina se encuentra en una trampa de baja productividad y bajos ingresos, de la cual la única forma de superarla sea, posiblemente, fruto de la deliberada planificación, compromiso y acción tanto del Estado como de la sociedad civil.

3.2. La compleja relación entre innovación y empleo en la cadena

Otro de los temas estudiados durante las últimas décadas son las relaciones entre la innovación tecnológica y el nivel de empleo. Diferentes autores han coincidido en destacar que los efectos finales de los adelantos tecnológicos sobre el empleo varían según el tipo de sector industrial que se trate (Brouwer, Kleinknecht y Reijnen, 1993; Edquist, Hommen y McKelvey, 1997; Petit, 1998; Pianta, 2003; Frey y Osborne, 2017). Al depender de la especificidad de cada sector industrial, las dinámicas de innovación pueden estar orientadas a nuevos procesos, a nuevos productos o a novedosas formas de organización de la producción y de la comercialización. En general, las innovaciones de producto tienen principalmente efectos positivos sobre el nivel de empleo de las empresas, mientras que las innovaciones de proceso tienden a reducir el requerimiento de mano de obra (Edquist *et al.*, 1997; Pianta, 2003; Cohan, Robert, Trajtenberg y Yoguel, 2010).

Dado que en las últimas décadas del siglo XX aumentó en mayor proporción la demanda de trabajo de alta calificación en relación al de baja calificación, es posible afirmar que el efecto del cambio tecnológico sobre el empleo se distribuye de manera desigual entre las distintas categorías de trabajadores (López, 1998). Esta dinámica torna fundamental implementar y sostener en el tiempo políticas de formación y de capacitación laboral que permitan a los trabajadores adaptarse a las nuevas y cambiantes necesidades de los nuevos paradigmas tecnológicos y organizacionales (Boyer, 1995).

Una línea de investigación concluye que los efectos de la innovación sobre el nivel general de empleo dependerán del perfil de especialización productiva de una nación (Pianta, 2003). En efecto, este autor analizó la dinámica del empleo y de la innovación tecnológica para el período comprendido entre 1994 y 2000, para 20 sectores industriales de cuatro países europeos: Reino Unido, Francia, Italia y Holanda. Los resultados señalan que en el sector textil y de confección de ropa se combinaron tres factores simultáneos: i) reducida inversión en I+D; ii) fuerte preminencia de innovación de procesos; iii) dramática pérdida de empleos (Pianta, 2003).

Sin embargo, la pérdida de empleos en el sector en Argentina durante el último cuarto del siglo XX no fue producto de las escasas inversiones en innovación de procesos, sino principalmente de la relocalización de la producción en los países asiáticos (Montero Bressan, 2012). En efecto, los cambios en los procesos y en las formas de organización no disminuyeron la cantidad de trabajadores implicados en la producción, sino que redujeron la necesidad de mano de obra en los segmentos formales, localizando segmentos productivos en eslabones informales.

En este contexto, para Argentina no resulta redituable adoptar una estrategia basada estrictamente en el posicionamiento de nuestro país como un polo regional de

confección, pues la competencia internacional obligaría a pagar salarios muy bajos a los costureros. Sin embargo, esta afirmación no significa que el país deba renunciar al eslabón de la costura, dado su importancia en la generación de puestos de trabajo en la actualidad. Es por ello que resignar a dismantelar la confección nacional traería serios problemas al mercado de trabajo, en particular para los grupos poblacionales más vulnerables. Al respecto, Daniel Heymann, profesor titular de la Facultad de Ciencias Económicas de la UBA, destacó “la importancia de que exista una demanda de trabajo sostenida, especialmente en actividades y tareas que no requieren altas calificaciones. Eso resulta crucial para reforzar las oportunidades corrientes de ingreso de los grupos más vulnerables, y para facilitar, de ese modo, la movilidad ascendente de los que accedan al mercado laboral en el futuro, al darles mejores condiciones en edades tempranas”.

Frey y Osborne (2017) desarrollaron un proceso gaussiano de clasificación para determinar las probabilidades de computarización y robotización, dentro de un futuro cercano, de 702 ocupaciones en Estados Unidos. Los autores concluyen que alrededor del 47% de los ocupados en Estados Unidos trabajan en ocupaciones que pueden ser reemplazadas por computadoras o algoritmos entre los próximos 10 a 20 años. En particular, el estudio demostró la presencia de una fuerte y negativa relación entre salarios y nivel educativo, respecto a las posibilidades de computarización y robotización del puesto de trabajo. Los autores encontraron que aquellos trabajos de menor calificación, basados en tareas sencillas de repetición, son los más susceptibles de ser reemplazadas por robots. Específicamente para la cadena productiva textil indumentaria, hallaron probabilidades cercanas a uno de reemplazo por máquinas para los siguientes puestos: operadores de maquinarias textiles (97%), operarios de máquinas de hilados (96%), operarios de máquinas de corte textil (95%), confección de prendas en grandes escalas (85%). En el extremo opuesto, los trabajos de diseñadores de indumentaria y los modelistas prácticamente no corren riesgos de reemplazo (2,1 y 0,5% respectivamente) (Frey y Osborne, 2017).

109

Sin embargo, existe controversia en relación al avance de la automatización y la digitalización sobre la destrucción de empleos. El trabajo de Arntz, Gregory y Zierahn (2016) discute el escepticismo de la línea de investigación de Frey y Osborne sobre la destrucción de trabajo humano por parte de las máquinas, criticando la metodología utilizada. Dichos autores plantean que no es correcto utilizar como unidad de análisis las ocupaciones, como hacen Frey y Osborne, sino que el eje debe estar puesto en las tareas, que sí son susceptibles de ser automatizadas: un ocupado suele realizar diferentes tareas. Con estos cambios metodológicos, los autores concluyen que sólo el 9% de las ocupaciones de Estados Unidos pueden ser reemplazadas por la tecnología en los próximos 10 a 20 años, a diferencia del 47% calculado por Frey y Osborne (Arntz *et al.*, 2016).

En esta misma dirección, un estudio reciente del INTI (2016) también cuestiona la idea de que el trabajo en la industria de indumentaria será reemplazado por máquinas en el corto plazo. La investigación destaca que los reducidos costos de la mano de obra para el segmento de la confección en diversos países asiáticos se constituyen como un factor que retrasa la robotización en la industria de fabricación de ropa (INTI, 2016). Es por ello que, concluye el trabajo, no existen elementos concretos para

esperar, al menos en el corto plazo, importantes cambios en la forma de fabricación de ropa en términos de robotización y automatización.

A su vez, el trabajo del INTI (2016) destaca que aquellos segmentos que requieren complejidad creativa, como es el caso de los diseñadores de indumentaria, están resguardados ante el avance de la robotización. Esto último refuerza la propuesta de que el camino para la industria local debe ser el fomento de las capacidades de I+D en relación al diseño de nuevos productos.

Conclusiones

El trabajo permite concluir que el eslabón industrial de la confección de indumentaria de Argentina no realiza considerables esfuerzos en innovación tecnológica. Los talleres de confección manejan tecnología madura y no se detectaron innovaciones significativas de procesos ni de formas de organización. Esta es una característica que se repite en el resto de los países productores de indumentaria salvo el caso excepcional de Italia y, en menor medida, Corea y España. Las diferencias en los esfuerzos de I+D de la fabricación de ropa en Argentina respecto a los otros países no son un rasgo distintivo del sector, sino que responden al rezago en innovación por parte de nuestra economía en su conjunto y de nuestra industria, en particular. En este sentido, el consenso de la literatura mundial en la materia concluye que la confección de ropa es una industria poco innovadora.

110

La investigación identificó a tres actores distintos que guían el proceso de la innovación en la fabricación de ropa: la industria de maquinarias para confección, la industria química y las marcas de indumentaria. Sólo estas últimas pertenecen a la cadena de producción de ropa entendida en un sentido amplio. El diseño de indumentaria se caracteriza por la creación periódica de nuevas colecciones de prendas, en lo que deben ser considerados como esfuerzos en I+D. Desde este enfoque, el trabajo comprobó que la cadena de producción de ropa realiza importantes esfuerzos en innovación tecnológica, principalmente vía innovación de nuevos productos a través de profesionales universitarios altamente calificados. Argentina posee una amplia dotación de marcas nacionales de indumentaria de perfil innovador, poco frecuente en otros países de América Latina.

A través de 21 entrevistas, la investigación pudo constatar la ausencia de significativas innovaciones de procesos en la producción de indumentaria en nuestro país. Incluso, los cambios operados durante el último cuarto del siglo XX con la desintegración de la producción en pequeñas unidades productivas significaron una forma más ineficiente de producir, con mayores tiempos muertos por la partición de la confección en varios pequeños talleres separados entre sí. En efecto, la mayoría de los talleres son informales y no poseen la capacidad de acumulación suficiente para reorganizar el proceso ni adquirir la tecnología de punta, por lo que se encuentran en una trampa de baja productividad.

Por su parte, cabe destacar la importancia de la cadena a la hora de generar demanda de trabajo. A los 115.000 obreros industriales registrados en la seguridad

social del segmento industrial de la cadena de valor se suman los trabajadores de las fibras, al inicio de la cadena de valor. También se deben incluir a los diseñadores y a los trabajadores de las marcas de indumentaria, de las agencias de publicidad y de los diversos canales de comercialización que integran la cadena productiva, de los eslabones finales.

Los avances concretos en materia de sustitución de mano de obra por máquinas son modestos y para el corto plazo no se esperan modificaciones significativas en la forma de producir prendas. Es por ello que el sector continuará por varios años más generando puestos de trabajo de baja calificación, lo que obliga a valorar el aporte a la creación de empleo del segmento industrial de fabricación de ropa.

En la actualidad, la principal amenaza para el empleo en la industria argentina de la ropa no proviene de los adelantos tecnológicos sino del avance de las importaciones de prendas. Por un lado, la ropa extranjera desplaza la producción nacional, lo que afecta los puestos de trabajo y al segmento industrial de la cadena. En aquellos casos donde las prendas son de marcas extranjeras (la gran mayoría), las importaciones también representan el desplazamiento del diseño nacional y restan posibilidades de éxito a las inversiones en I+D de la cadena nacional. Así, políticas inteligentes de administración de las importaciones y de promoción de las exportaciones se constituyen como una estrategia de inserción internacional basada en la diferenciación de productos vía calidad y diseño.

En adelante, la clave para el desarrollo de la cadena productiva de la ropa en Argentina pasa por lograr un camino sostenible de internacionalización del segmento más innovador de las marcas nacionales, acompañado por la formalización de los eslabones más críticos de la fabricación de las prendas. Esta estrategia permitiría mejorar la situación de los sectores trabajadores más vulnerables, que son quienes sufren en carne propia las consecuencias de la heterogeneidad y la escasa productividad. A su vez, resulta necesario que la industria modifique su forma de organizar la producción, avance hacia la integración productiva e incremente sus esfuerzos en innovaciones de procesos destinadas a disminuir los costos medios por unidad de producción.

A futuro, resulta importante desarrollar investigaciones que permitan cuantificar con mayor precisión los esfuerzos en I+D de las marcas de indumentaria en Argentina, y compararlos con la situación de otros países de la región y del mundo. A su vez, también sería deseable ponderar la performance innovadora de la cadena de producción de la ropa no sólo en función de sus gastos en I+D, sino también a través de otras variables tales como las patentes y los *royalties*, aunque la ausencia de datos públicos dificulta enormemente dicha tarea.

111

Bibliografía

ADÚRIZ, I. (2009): *La Industria Textil en Argentina. Su evolución y sus condiciones de trabajo*. Disponible en: www.inpade.org.ar/file_download/41/La+industria+textil+en+Argentina.pdf. Consultado el 14 de noviembre de 2017.

ANLLÓ, G., LUGONES, G. y PEIRANO, F. (2007): “La innovación en la Argentina post-devaluación. Antecedentes previos y tendencias a futuro”, en B. Kosacoff (ed.): *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina 2002-2007*, Buenos Aires, CEPAL, pp. 261-306.

APPELBAUM, R. P. y GEREFFI, G. (1994): “Power and profits in the apparel commodity chain”, en E. Bonacich, L. Cheng, N. Chinchilla, N. Hamilton y P. Ong (eds.): *Global production: The apparel industry in the Pacific Rim*, Philadelphia, Temple University Press, pp. 42-64.

ARCHIBUGI, D. (2001): “Pavitt’s taxonomy sixteen years on: a review article”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 10, n° 5, pp. 415-425.

ARNTZ, M., GREGORY, T. y ZIERAHN, U. (2016): “The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis”, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189, Paris, OECD Publishing.

112 ARZA, V. (2006): “Uncertainty and Innovation: The impact of macroeconomic volatility on R&D in Argentina during the 1990s”, DRUID Summer Conference 2006, Copenague.

BARUJ, G. y PORTA, F. (2015): “Mapa tecnológico del aparato productivo argentino: síntesis de sectores seleccionados”, Informe Técnico N° 2, Buenos Aires, *Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI)*. Disponible en: http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2016/01/IT-n%C2%BA2-Mapa-tecnol%C3%B3gico-del-aparato-productivo-argentino_v6_Digital.pdf. Consultado el 15 de octubre de 2017.

BARUJ, G., PORTA, F. e ZWEIG, I. (2017): “Escalamiento productivo y capital humano calificado un estudio exploratorio”, Documento de Trabajo N° 6, Buenos Aires, CIECTI. Disponible en: <http://www.ciecti.org.ar/publicaciones/dt-6-escalamiento-productivo/>. Consultado el 15 de octubre de 2017.

BELL, M. y PAVITT, K. (1993): “Accumulating Technological Capability in Developing Countries”, *The World Bank Economic Review*, vol. 6, n° 1, pp. 257–281.

BERNAT, G. (2016): “Innovación en la industria manufacturera en la posconvertibilidad. La necesidad de complementar con políticas industriales”, *Informe Técnico N° 6*, Buenos Aires, CIECTI. Disponible en: <http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2017/01/IT6-Innovacio%CC%81n-en-la-industria-manufacturera.pdf>. Consultado el 1 de noviembre de 2017.

- BEZCHINSKY, G. y ROZENWURCEL, G. (2013): “Relevamiento y distribución geográfica de cadenas productiva regionales: Textil-Indumentaria”, *Serie de Integración Productiva Regional*, n° 160, pp. 1-31. Disponible en: <http://www.latn.org.ar/working-paper-no161/> . Consultado el 14 de octubre de 2017.
- BLANCO, M. C. y CASTRO, A. B. (2007): “El muestreo en la investigación cualitativa”, *Nure Investigación*, vol. 4, n° 27, pp. 1-4.
- BOYER, R. (1995): “Training and Employment in the New Production Models”, *Science Technology Industry Review*, n° 15, pp. 15-46.
- BROUWER, E., KLEINKNECHT, A. y REIJNEN, J. O. N. (1993): “Employment Growth and Innovation at the Firm Level. An Empirical Study”, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 3, n° 2, pp. 153-159.
- CHESNAIS, F. y NEFFA, J. C. (2003): “Introducción”, *Serie Ciencia, Tecnología y Crecimiento Económico*, Buenos Aires, Centro de Estudios e Investigaciones Laborales.
- CHUDNOVSKY, D., LÓPEZ, A. y PUPATO, G. (2006): “Innovation and productivity in developing countries: A study of Argentine manufacturing firms’ behaviour (1992-2001)”, *Research Policy*, vol. 35, n° 2, pp. 266-288.
- COHAN, L., ROBERT, V., TRAJTENBERG, L. y YOGUEL, G. (2010): “Estrategias de innovación y dinámica del empleo en ramas productivas argentinas”, *Revista Economía: teoría y práctica. Nueva Época*, n° 32, pp. 113-158.
- COSTA, M. T., DUCH, N. y LLADÓS, J. (2001): “Determinantes de la innovación y efectos sobre la competitividad: el caso de las empresas textiles”, *Revista Asturiana de Economía*, n° 20, pp. 53-80.
- CRESWELL, J. (2013): *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, Michigan, Sage publications.
- EDQUIST, C., HOMMEN, L. y MC KELVEY, M. (1997): “Innovations and Employment in a Systems of Innovation Perspective”, *Linköping University, Working Paper* n° 177.
- EGAN, J. (2013): *Condiciones de trabajo en la industria de la confección de indumentaria y la industria textil. Una mirada de largo plazo en torno al problema de la flexibilización laboral*, 11° Congreso Nacional de Estudios del Trabajo, Asociación Argentina de Especialistas en Estudios del Trabajo, Buenos Aires.
- FERREIRA, E. y SCHORR, M. (2013): “La industria textil y de indumentaria en la Argentina. Informalidad y tensiones estructurales en la pos-convertibilidad”, en M. Schorr (comp.): *Argentina en la pos-convertibilidad: ¿desarrollo o crecimiento industrial?*, Buenos Aires, Miño y Dávila, pp. 219–253.

FERREIRA, E., GORENSTEIN, S. y SCHORR, M. (2012): “Complejos productivos con encadenamientos industriales en el norte argentino: algodón, azúcar y foresto-industria”, en S. Gorenstein (org.): *¿Crecimiento o desarrollo? El ciclo reciente en el norte argentino*, Buenos Aires, Miño y Dávila Editores, pp. 55-84.

FREY, C. B. y OSBORNE, M. A. (2017): “The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?”, *Technological Forecasting and Social Change*, n° 114, pp. 254-280.

GALINDO-RUEDA, F. y VERGER, F. (2016): “OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/5jlv73sqqp8r-en>. Consultado el 1 de noviembre de 2017.

GEREFFI, G. (1994): “The organization of buyer-driven global commodity chains: how U.S. retailers shape overseas production networks”, en G. Gereffi y M. Korzeniewicz (comps.): *Commodity Chains and Global Capitalism*, Westport, Praeger, pp. 95-122.

GEREFFI, G. (2000): “El tratado de libre comercio de América del Norte en la transformación de la industria del vestido: ¿bendición o castigo?”, *Serie Desarrollo Productivo*, Comisión Económica para América Latina (CEPAL), n° 84.

GEREFFI, G. y KORZENIEWICZ, M. (1994): *Commodity Chains and Global Capitalism*, Westport, Praeger.

GEREFFI, G., HUMPHREY, J. y STURGEON, T. (2005): “The governance of global value chains”, *Review of international political economy*, vol. 12, n° 1, pp. 78-104.

GEREFFI, G. y FREDERICK, S. (2010): “The global apparel value chain, trade and the crisis: challenges and opportunities for developing countries”, *The World Bank*, April, pp. 1-42. Disponible en: <http://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-5281>. Consultado el 15 de noviembre de 2017.

GRIMSHAW, D. y MUÑOZ DE BUSTILLO, R. (2016): “Global comparative study on wage fixing institutions and their impacts in major garment producing countries”, *International Labour Organization (ILO)*.

HATZICHRONOGLOU, T. (1997): “Revision of the High-Technology Sector and Product Classification”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 1997/02. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/134337307632>. Consultado el 2 de noviembre de 2017.

INTI (2016): “Robotización, oficios y creatividad”, *Tópicos 2025: El futuro de la industria de la moda*. Observatorio de Tendencias. Buenos Aires. Disponible en: http://inti.gob.ar/textiles/pdf/Topicos_2025_01.pdf. Consultado el 2 de noviembre de 2017.

KOSACOFF, B. (2004): “Evaluación de un escenario posible y deseable de reestructuración y fortalecimiento del Complejo Textil argentino”, *Revista Desarrollo Productivo de la CEPAL*. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/28466-evaluacion-un-escenario-posible-deseable-reestructuracion-fortalecimiento>. Consultado el 15 de noviembre de 2017.

LALL, S. (2000): “The Technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98”, *Oxford Development Studies*, vol. 28, n° 3, pp. 337-369.

LIEUTIER, A. (2010): *Esclavos. Los trabajadores costureros de la Ciudad de Buenos Aires*, Buenos Aires, Retórica Ediciones.

LÓPEZ, A. (1998): “La reciente literatura sobre la economía del cambio tecnológico y la innovación: una guía temática”, *Revista de Industria y Desarrollo*, vol. 1, n° 3.

LUDMER, G. (2016): “Análisis de la composición del precio de la ropa en Argentina”, *II Congreso Internacional de Pensamiento Económico Latinoamericano*, Asociación de Pensamiento Económico Latinoamericano, Cochabamba.

MARRÉ, S. (2017): “Diseño de indumentaria de autor en Argentina: diagnóstico productivo e impacto económico basado en la Encuesta Nacional de Diseño de Indumentaria de Autor 2016”, San Martín, Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Disponible en: <https://www.inti.gob.ar/textiles/pdf/endi2016.pdf>. Consultado el 1 de noviembre de 2017.

115

MASON, J. (2002): *Qualitative Researching*, Londres, Sage Publications

MATTA, A. (2011): “El análisis de una trama productiva con objetivos estratégicos. Aspectos introductorios”, en A. Matta y C. Magnano (coords.): *Trama productiva urbana y trabajo decente. Estrategias para la cadena productiva textil de indumentaria en áreas metropolitanas*, Buenos Aires, Oficina de la OIT, pp. 11-24.

MIGUEL, P. (2013): *Emprendedores del Diseño, Aportes para una Sociología de la Moda*, Buenos Aires, Editorial Eudeba.

MINCYT (2013): “Cuadro de situación tecnológica. Complejo Textil-Indumentaria”, Buenos Aires, *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva*. Disponible en: <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/043/0000043761.pdf>. Consultado el 14 de noviembre de 2017.

MINCYT (2015): *Encuesta Nacional de Empleo e Innovación*, Buenos Aires, octubre. Disponible en: www.mincyt.gob.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=40503. Consultado el 2 de noviembre de 2017.

MONTERO BRESSÁN, J. (2014): “Los ‘talleres clandestinos’ y el funcionamiento de la industria de la indumentaria: el gobierno de la cadena productiva”, *Procuraduría de*

Trata y Explotación de Personas, pp. 1-12. Disponible en: www.mpf.gov.ar/protex/files/2016/05/Talleres-clandestinos-Montero.pdf. Consultado el 20 de octubre de 2017.

MONTERO BRESSÁN, J. (2012): “La moda neoliberal: El retorno de los talleres clandestinos de costura”, *Revista Geograficando*, vol. 8, n° 8, pp. 19-37. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5483/pr.5483.pdf. Consultado el 20 de octubre de 2017.

OECD (2015): *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, París, OECD Publishing. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>. Consultado el 2 de noviembre de 2017.

PATTON, M. (2002): *Qualitative research and evaluation methods*, Michigan, Sage Publications.

PAUWELS, P. y MATTYSSSENS, P. (2004): “The Architecture of Multiple Case Study Research in International Business”, en R. Marschan-Piekkari y C. Welch (eds.): *Handbook of Qualitative Research Methods for International Business*, Sidney, Edward Elgar Publishing, pp. 125-143.

PAVITT, K. (2003): “Patrones sectoriales de cambio tecnológico: hacia una taxonomía y una teoría”, en F. Chesnais y J. C. Neffa (comps.): *Ciencia, tecnología y crecimiento económico*, Buenos Aires, Trabajo y Sociedad, pp. 37-86.

116

PETIT, P. (1998): “Employment and Technological Change”, en P. Stoneman (comp.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell.

PIANTA, M. (2003): “Innovation and employment”, en J. Fagerberg, D. C. Mowery, y R. R. Nelson (comps.): *Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, pp. 1-33.

PORTA, F. y BIANCO, C. (2009): “El complejo textil argentino 2002-2008: Evolución de la oferta productiva, la organización del proceso de trabajo y la estructura y distribución de remuneraciones e ingresos”, Buenos Aires, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación.

PORTA, F., SANCARTÁNGELO, J. y SCHTEINGART, D. (2017): “Cadenas Globales de Valor: una mirada crítica a una nueva forma de pensar el desarrollo”, *Cuadernos de Economía Crítica*, vol. 4, n° 7, pp. 99-129.

RABETINO, R. y YOGUEL, G. (2000): “El desarrollo de las capacidades tecnológicas de los agentes en la industria manufacturera argentina en los años noventa”, en B. Kosacoff, G. Yoguel, C. Bonvecchi y A. Ramos (comps.): *El desempeño industrial argentino: Más allá de la sustitución de importaciones*, Buenos Aires, CEPAL, pp. 215-273.

ROCA, F. (2013): “Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial: textil e indumentaria”. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en:

www.mincyt.gov.ar/adjuntos/archivos/000/043/0000043761.pdf. Consultado el 2 de noviembre de 2017.

SALGADO, P. (2012): “El trabajo en la industria de la indumentaria: una aproximación a partir del caso argentino”, *Revista Trabajo y Sociedad*, vol. 18, n° 4, pp. 59-68.

SALGADO, P. (2015): “Deslocalización de la producción y la fuerza de trabajo: Bolivia-Argentina y las tendencias mundiales en la confección de indumentaria”, *Revista Si Somos Americanos*, vol. 15, n° 1, pp. 169-198.

SANGUINETTI, P. (2005): “Innovation and R&D expenditures in Argentina: evidence from a firm level survey”, Buenos Aires, Universidad Torcuato Di Tella. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.613.1353&rep=rep1&type=pdf>. Consultado el 14 de noviembre de 2017.

SCHTEINGART, D. y COATZ, D. (2016): “La industria argentina en el siglo XXI: entre los avatares de la coyuntura y los desafíos estructurales”, *Boletín Informativo Techint*, n° 353, pp. 61-100.

SCRIBANO, A. (2007): *Entrevista en profundidad. El proceso de investigación social cualitativo*, Buenos Aires, Editorial Prometeo.

VASILACHIS DE GIALDINO, I. (2006): *Estrategias de investigación cualitativa*, Buenos Aires, Editorial Gedisa.

117

Fuentes de información

Banco Mundial, Gasto en investigación y desarrollo. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>. Consultado el 17 de octubre de 2017.

INDEC, Sistema de Consulta de Comercio Exterior de Bienes. Disponible en: <https://comex.indec.gov.ar/search>. Consultado el 14 de noviembre de 2017.

MINCyT y MTEySS, Encuesta Nacional de Empleo e Innovación. Disponible en: <http://www.mincyt.gov.ar/estudios/encuesta-nacional-de-dinamica-de-empleo-e-innovacion-resultados-globales-2010-2012-11493>. Consultado el 17 de octubre de 2017.

MTEySS, Estadísticas e Indicadores Regionales. Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE). Disponible en: <http://www.trabajo.gov.ar/estadisticas/oede/index.asp> Consultado el 10 de octubre de 2017.

OECD Stats, Structural Analysis (STAN) Databases. Disponible en: <http://stats.oecd.org/>. Consultado el 17 de octubre de 2017.

OECD Stats, Analytical Business Enterprise Research and Development Database (ANBERD). Disponible en: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ANBERD_REV4. Consultado el 10 de noviembre de 2017.

Anexo metodológico

En relación al análisis cuantitativo, el presente trabajo estudió los resultados de la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación (ENDEI), realizada en conjunto por el ex MINCyT y por el ex Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS). También se trabaja con los datos de la Structural Analysis Database (STAN) y de la Analytical Business Enterprise Research and Development Database (ANBERD), ambas de la OCDE.

La ENDEI utilizó las recomendaciones extraídas del Manual de Bogotá (MINCyT, 2015) mientras que la OCDE considera las del Manual de Frascati (OCDE, 2015). No existe inconvenientes en comparar los resultados de ambas metodologías pues las definiciones de I+D son las mismas. La diferencia radica en que el Manual de Bogotá recomienda medir no sólo los gastos en I+D sino también en otro tipo de Actividades de Innovación, tales como adquisición de maquinaria y equipo, software, hardware, transferencia tecnológica, capacitación, consultoría y diseño industrial e ingeniería interna. Para el presente análisis sólo se consideraron los gastos estrictamente en I+D, ya sea interna o externa a la empresa. También cabe aclarar que ambas mediciones surgen de las respuestas de las empresas sobre sus esfuerzos en I+D, en encuestas sobre innovación productiva. Por último, si bien la OCDE trabaja con la Revisión 4 del CIIU y la ENDEI con la Revisión 3, no hay problema de comparabilidad para los niveles de agregación trabajados en este estudio (industria manufacturera general y sector de fabricación de ropa).

Por su parte, la principal ventaja del análisis cualitativo radica en que las entrevistas permiten generar información compleja en palabras de los propios actores, al tiempo que facilitan comprender mejor los resultados del análisis cuantitativo y de la revisión bibliográfica (Scribano, 2008; Patton, 2002). El guion de las entrevistas fue elaborado siguiendo las recomendaciones presentes en Vasilachis de Gialdino (2006). Para la selección de los entrevistados se adoptó la técnica de muestreo teórico en función de un diagnóstico ex ante sobre los agentes claves de la cadena. A medida que se realizaron las entrevistas, los mismos entrevistados fueron sugirieron nuevos interlocutores para consultar y, en muchos casos, facilitaron los contactos. Esta técnica es conocida como muestreo por avalancha (o bola de nieve) consistente en ampliar progresivamente la muestra a partir de los contactos que facilitaron los primeros entrevistados (Blanco y Castro, 2007).

Por último, luego de la desgrabación de las entrevistas y de la redacción del informe final, se consultó a los entrevistados citados si accedían a revelar su identidad o preferían permanecer en el anonimato. En los casos donde accedieron, se especificó la identidad y su rol en la cadena de valor, mientras que para quienes prefirieron permanecer en el anonimato sólo se aclaró el rol.

Cómo citar este artículo

LUDMER, G. (2019): “Innovación tecnológica en la cadena de producción de ropa en Argentina: cuando las apariencias engañan”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 91-119.

DOSSIER *C/S*

PRESENTACIÓN

Ingeniería y sociedad digital

Juan Carlos Toscano y José Antonio López Cerezo *

Un tema central de nuestro tiempo es el avance de la cuarta revolución industrial y la consolidación de la llamada “sociedad digital”. Es difícil exagerar el extraordinario impacto que la microelectrónica y las telecomunicaciones están teniendo en la transformación del sistema productivo, la gobernanza democrática y los modos de vida. Hacer frente a los desafíos sociales y políticos que hoy plantea la irrupción de la industria 4.0 requiere repensar los objetivos y contenidos de la educación de técnicos e ingenieros, así como los valores que definen las relaciones entre tecnología y sociedad.

123

¿Qué debe saber un ingeniero para ser un buen ingeniero? No es fácil responder directamente a esta pregunta. ¿Cuál es la función social de los productos tecnológicos? ¿Qué características debe reunir, por ejemplo, una carretera para ser una buena carretera? Debe tener un pavimento adecuado, en composición y espesor, para el volumen y el tipo de tráfico previsto, debe tener vías de aceleración y desaceleración, debe minimizar las curvas cerradas y los accidentes geográficos, debe evitar áreas urbanas o zonas congestionadas, etc. Pero tan importantes como las consideraciones técnicas son los elementos de juicio de tipo económico, relativos a costos, y especialmente los de tipo político y social. Ser una buena carretera no sólo depende de sus rasgos físicos sino también de *qué une y qué separa*.

* Coordinador y director, respectivamente, de la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)*. Correo electrónico: toscano@oei.es y cerezo@uniovi.es.

Las carreteras, como las vías férreas y otras obras públicas, pueden tener impactos secundarios, terciarios y de sucesivos órdenes, previstos o imprevistos, que pueden responder a propósitos políticos o generar resistencia social. Como los bulevares (*parkways*) construidos en los años 20 y 30 por Robert Moses en la rica Long Island de la época: carreteras cruzadas en muchos puntos por puentes de baja elevación para impedir el paso del transporte público y hacer imposible su uso por parte de la población pobre de Manhattan, que no tenía más remedio que desplazarse en autobús. O como la Villa 31 en Buenos Aires, a 200 metros de la zona más cara de la ciudad y asépticamente aislada mediante la autopista Illia (AV1 Norte) y las vías del ferrocarril. Al contrario de lo que parece haber ocurrido con las costaneras de Asunción y Encarnación en Paraguay, que además de facilitar las entradas y salidas de los núcleos urbanos, están contribuyendo a erradicar los barrios degradados y ofrecen nuevas oportunidades de ocio a sus habitantes. Los artefactos y sistemas tecnológicos, como una carretera, no sólo están hechos de metal, asfalto o ladrillo; también integran valores y responden a intereses. Son realidades a las que no puede hacer caso omiso un ingeniero.

Un buen ingeniero debe tener conocimientos sobre resistencia de materiales, fuerzas de torsión, mecánica de fluidos o automatización de procesos. Pero también debe ser consciente de que, por ejemplo, la robotización de una fábrica no solamente concierne al posible aumento de la productividad, sino que redefine el significado de “trabajo” en ese contexto laboral. ¿Qué más debe saber un buen ingeniero? Para responder a esta pregunta debemos prestar atención a los puestos que puede ocupar o funciones que puede desempeñar en su vida profesional. En función de esos considerandos, un buen ingeniero, además de los conocimientos técnicos, debería saber comunicar, negociar, argumentar, redactar, persuadir, identificar valores y ser sensible a otros puntos de vista. Es decir, debería ser capaz de apreciar la complejidad y las dimensiones sociales de asuntos técnicos como construir una carretera, robotizar una fábrica o diseñar planes urbanos, y ser también competente para manejar ese tipo de asuntos como un buen comunicador y un buen gestor.

La mejora del currículum del ingeniero es entonces cuestión de reunir la diversidad de competencias que necesitará en su vida profesional. Y algunas de esas competencias clave se concretan en contenidos no técnicos relacionados con la comunicación, aspectos éticos y legales, sostenibilidad e igualdad de género, y otros elementos del conocido como “enfoque CTS”.

El enfoque CTS (ciencia, tecnología y sociedad) en educación trata de modificar contenidos curriculares y estrategias de enseñanza-aprendizaje, de modo que a la transmisión de contenidos científico-técnicos acompañe una reflexión práctica sobre el contexto social en que se enmarcan dichos contenidos, relevando aspectos éticos, económicos, de género, medioambientales y culturales que capaciten al ingeniero o el técnico para comprender su papel en un mundo complejo y global, así como tratando de generar vocaciones por las carreras de ciencias e ingenierías entre los jóvenes.

Pero la profesión no debería ser el único criterio al pensar en la educación. Formar un buen ingeniero no sólo consiste en capacitarlo mejor para su vida profesional, sino

también en proporcionarle los recursos para una formación integral que lo enriquezca intelectualmente, mediante conocimientos de ciencias sociales y humanidades como la filosofía, la historia o la sociología de la tecnología.

De hecho, en la formación del ingeniero, más importantes que los conocimientos para el desarrollo y adquisición de esas competencias sociales y humanísticas, son las actitudes. Mediante la implantación de un enfoque CTS en el currículum del ingeniero se trata de combatir el “efecto túnel” que tiene con frecuencia una formación que omite y desprecia los elementos no técnicos. Se trata de transmitir valoraciones que, asentadas sobre la familiaridad con esa realidad poliédrica de la ingeniería, generen inclinación a hacer las cosas de cierta manera.

Como decía el físico neozelandés John Ziman, un científico o ingeniero estaría mejor preparado para su vida profesional si le enseñáramos un poco menos (sólo un poco menos) de ciencia y un poco más sobre la ciencia. Ese “poco” que se pierde no es siquiera significativo. Un buen ingeniero, como cualquier buen especialista en cualquier campo, tiene que seguir actualizando su conocimiento técnico a lo largo de toda su vida profesional en activo. Sin embargo, si en sus pocos años de formación, cuando es más maleable, no cultivamos en él o ella esa conciencia y actitudes sociales, difícilmente las adquirirá posteriormente como profesional, tendiendo más bien a despreciarlas.

Ciertamente, de las distintas profesiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, la de ingeniero es la que tiene una mayor potencialidad para modificar las condiciones del entorno y construir interfases entre el ser humano y el medio. En este rol articulador, el ingeniero moderno debe interactuar en un mundo interdisciplinario dentro de dimensiones políticas, económicas, sociológicas, medioambientales, psicológicas y éticas, ubicado con frecuencia en puestos de trabajo donde se le requieren destrezas que no han tenido presencia en su programa formativo. Se trata entonces de hacer uso del enfoque CTS para generar avances curriculares y recursos didácticos que mejoren la enseñanza universitaria de la ingeniería y la formación técnico-profesional, superando el “efecto túnel” que produce la ultraespecialización y la omisión de contenidos de las ciencias sociales y las humanidades.

125

El propósito último es cultivar una actitud crítica y abierta en los estudiantes, sensible a los elementos contextuales que modulan el avance tecnológico, que ofrezca a los ingenieros mejores condiciones para enfrentar los complejos problemas que tendrán que abordar como profesionales. Complementariamente, la inclusión de un enfoque CTS en la enseñanza de la ingeniería y materias técnicas podría contribuir a combatir la fuerte asimetría de género que sigue caracterizando a estas carreras.

Este es el tema central de la cátedra “Ingeniería y sociedad digital”, que tuvo su arranque formal en el Foro Iberoamericano que se celebró en abril de 2018 en Avilés y Oviedo, España, precedido de varias reuniones virtuales y presenciales con representantes de universidades, entidades educativas públicas y grupos de investigación de Iberoamérica. Ingenieros, filósofos, matemáticos, sociólogos y educadores, entre otros profesionales de varios países iberoamericanos, crearon

durante tres días un estimulante espacio de intercambio de ideas acerca de los desafíos para la ingeniería y su enseñanza en el marco de la sociedad digital. Otras temáticas abordadas fueron los retos específicos que plantea la formación técnico-profesional, la brecha digital que afecta a las personas mayores y el déficit en formación cívica de los usuarios más jóvenes de los medios digitales.

Este monográfico es uno de los frutos del Foro, y recoge contribuciones pertenecientes al primero de los ejes de la discusión en Asturias: ingeniería y sociedad digital. Todos los artículos corresponden a investigadores que estuvieron presentes en el evento. Son muchas las ideas y experiencias que se debatieron y se recogen parcialmente en esta monografía. Una de las ideas que se enfatizaron, y que deseamos destacar, es que las tecnologías son creadas por ingenieros que trabajan para organismos y empresas cuyo objetivo no siempre es el desarrollo social. Dotar a los ingenieros de una formación CTS es importante para estimular actitudes críticas y fomentar conciencia social, contribuyendo a evitar que esas tecnologías creen extrañamiento y vínculos de dependencia al servicio únicamente de la lógica del mercado; una formación CTS es relevante para promover “tecnologías entrañables” que respondan a necesidades reales y propicien una domesticación que nos enriquezca como seres humanos.

El dossier comienza con un artículo de la ingeniera e investigadora uruguaya Judith Sutz. El artículo se titula “Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas” y parte de la pregunta: ¿ser o no ser deterministas tecnológicos? Sutz fundamenta sus propuestas en tres temas muy relevantes: la digitalización de la sociedad desde la informática, la importancia de respetar la sustentabilidad ambiental y la necesidad de acrecentar la igualdad social sobre la base del trabajo del colectivo de los ingenieros. En su elocuente formulación del lema central de esa agenda social de los ingenieros: “Lo que ellos no hagan no será hecho”.

“Ingenierías, sociedades digitales e infoesfera. Una interpretación de la filosofía y la ética de la información de Luciano Floridi” es el título del segundo artículo, cuya autoría corresponde a Lola S. Almendros y Javier Echeverría. Floridi es un filósofo italiano que ha centrado su trabajo en la filosofía de la información y la ética informacional. Los autores argumentan convincentemente la relevancia de este filósofo para el diseño del currículum formativo de los ingenieros del siglo XXI. En este sentido, enfatizan que “las acciones tecnológicas tienen sus propios valores y objetivos, pero algunas de ellas presentan riesgos importantes, que hay que analizar y tener en cuenta en la formación de los ingenieros”.

Walter Bazzo y Luiz Teixeira, del NEPET de la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil, son co-firmantes del artículo “Rompendo paradigmas na educação em engenharia”. El NEPET quizás sea el espacio con mayor experiencia en Brasil en la enseñanza de la ingeniería con una mirada CTS. Son cerca de 40 años trabajando y siendo referentes en la formación de ingenieros. Pese a lo anterior se siguen considerando un “cuerpo extraño” entre los formadores de ingenieros. En esta contribución se puede ilustrar la evolución de la formación de ingenieros en Brasil y la importancia actual que tiene la responsabilidad social en la formación de los ingenieros.

José Manuel de Cózar, de la Universidad de La Laguna, España, firma la siguiente contribución: “Ingenieros del Antropoceno digital: la enseñanza de las ingenierías en una época incierta”. El término “Antropoceno” designa una nueva época geológica, en la que el ser humano se ha convertido en una fuerza a escala planetaria, provocando un cambio ambiental sin precedentes. La reflexión sobre el significado del Antropoceno nos obliga a reconsiderar las relaciones entre los seres humanos, la tecnología y la naturaleza. ¿Cómo se concreta la idea de que los seres humanos se han convertido en un agente de cambio similar o incluso más poderoso que cualquier otra fuerza de la naturaleza? ¿Cómo plantear el Antropoceno digital? Estas preguntas, argumenta de Cózar, no pueden ser ajenas a los estudiantes de ingeniería. La formación de una conciencia ecológica debería ser uno de los objetivos formativos de las carreras de ingeniería y el autor nos presenta en este artículo algunas propuestas.

Desde hace años grupos de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de la Argentina vienen promoviendo la mirada CTS en la formación de los ingenieros. En este número, Milena Ramallo, Elida Clara Repetto, María Celia Gayoso y Rosa Giacomino presentan el artículo “Ingeniería y Sociedad: aportes de los estudios CTS en la formación de los ingenieros”, en el que las relaciones ciencia-tecnología-ingeniería-industria son el foco del estudio. La asignatura “Ingeniería y Sociedad” se imparte en el primer año de la carrera y busca dotar de responsabilidad social y ecológica en la futura acción profesional de los ingenieros. En esta contribución describen el reto y la experiencia.

Carlos E. Gómez, en una nueva contribución con su artículo “Estudios críticos sobre algoritmos: ¿Un punto de encuentro entre la Ingeniería y las Ciencias Sociales?”, afirma que nos encontramos en una era en la que el dominio de los algoritmos ha generado una “algocracia”. Existe un alto consenso en afirmar que la eficacia de la ingeniería de datos es muy alta y nos vemos muy influidos por ella. Otro tema diferente es su legitimidad. Nos encontramos ante unos gigantes de la industria digital que nos ofrecen “gratis” muchos servicios a cambio de un valor muy importante: nuestros datos. Estas cuestiones deberían ser parte de los temas de debate en la enseñanza de la ingeniería.

El artículo de Raúl Carbajal López y Cipriano Barrio, en su investigación “Del ágora pública a las redes sociales: Por una ciencia y una democracia sin exclusión”, reflexiona sobre la participación pública en los temas de ciencia y tecnología en relación con el bienestar de la ciudadanía. Tiene su inicio con una posible definición de la ciudadanía y la medida del bienestar en Iberoamérica. El trabajo deriva su enfoque del pensamiento del expresidente de Uruguay José Mujica y resalta la situación de una región que por todos es considerada la menos equitativa del mundo, expuesta además a un avance tecnológico global que tiende a acrecentar brechas más que a cerrarlas.

Raquel Villafrades Torres, de la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia, nos presenta un trabajo centrado en una experiencia con alumnos de química en ingeniería sobre la huella ecológica: “Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías”. Llama nuestra atención sobre los

residuos que producen los aparatos electrónicos, así como sobre las acciones de divulgación realizadas en colectivos sociales para promover la conciencia ecológica. Hay un nuevo tipo de residuos a los que se enfrenta nuestra sociedad, y que están estrechamente vinculados a la sociedad digital, sobre los que es necesaria una política pública tanto de reaprovechamiento como de tratamiento selectivo y especializado para que no se produzcan nuevas contaminaciones muy peligrosas para la vida natural.

Un dossier dedicado a la ingeniería y la sociedad digital no puede evitar el tema de la industria 4.0, el reflejo productivo de la nueva era, y en ese ámbito la Fundación Tecnalia es un referente en Iberoamérica. Raúl Tabares, investigador de dicha Fundación, aborda el movimiento *maker* y la fabricación abierta en su artículo “La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0?”. El autor señala los peligros que la industria 4.0 podría causar al bienestar social y propone la fabricación abierta como alternativa.

El dossier concluye con el extenso trabajo del profesor emérito de ingeniería Javier Aracil: “El latente debate sobre la ingeniería y la ciencia”. Resulta muy adecuado cerrar este número con una contribución que clarifica la diferencia entre tecnología y ciencia aplicada, mostrando claramente el papel del ingeniero en la sociedad. Algunas de las tecnologías que nos envuelven representan soluciones a problemas sociales o ciudadanos, pero hay muchas que han venido para servir intereses empresariales que hemos terminado asumiendo como demandas sociales.

128

Los estudios CTS siempre han promovido una mirada social de la ciencia y la tecnología. Se trata de un fenómeno que se ha producido a una enorme velocidad: Internet no era prácticamente usado en 1994 y, 25 años después, ha configurado una nueva sociedad en la que las tecnologías de la comunicación han pasado a configurar nuevos hábitos personales, nuevas profesiones, nuevas empresas y nuevos espacios de relación. En resumen, un cambio económico y social intra-generacional que requiere la mirada pausada de la academia desde la filosofía, la sociología, la psicología, la educación y otras ciencias sociales, en colaboración con la propia ingeniería, para combatir nuevas brechas y amenazas, y para encaminarnos hacia una sociedad más humana e inclusiva. Esperamos que este monográfico sea un aporte en este debate.

Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas

Engenharia e preocupação social: rumo a novas práticas

Engineering and Social Concern: Towards New Practices

Judith Sutz *

A partir de la constatación de que se está produciendo una identificación entre irreversibilidad tecnológica e inevitabilidad tecnológica —es decir, la negación de la posibilidad de construir alternativas a lo que existe—, este trabajo argumenta que ello no es así y que dicha construcción requiere una discusión reflexiva de nuevas prácticas en la enseñanza de la ingeniería. Ello es imprescindible para estimular una preocupación social entre estudiantes de vertientes científico-técnicas que ayude a enfrentar los desafíos del cambio climático, de la desigualdad y de la deriva antidemocrática en la aplicación de la informática.

129

Palabras clave: determinismo tecnológico; innovación frugal; acción colectiva; enseñanza CTS; ingeniería

* Comisión Sectorial de Investigación Científica, Universidad de la República, Uruguay. Correo electrónico: jsutz@csic.edu.uy.

A partir da constatação de que está ocorrendo uma identificação entre irreversibilidade tecnológica e inevitabilidade tecnológica — isto é, a negação da possibilidade de construir alternativas ao que existe —, este trabalho argumenta que isso não é assim e que tal construção precisa de uma discussão reflexiva de novas práticas no ensino da engenharia. Isso é fundamental para estimular uma preocupação social entre os alunos das áreas científico-técnicas que ajude a enfrentar os desafios da mudança climática, da desigualdade e da deriva antidemocrática na aplicação da informática.

Palavras-chave: determinismo tecnológico; inovação frugal; ação coletiva; ensino CTS; engenharia

Based on the observation that currently there is identification between technological irreversibility and technological inevitability —an identification that denies the possibility of constructing alternatives to what already exists—, this paper argues that this framework is not accurate and that such a construction requires a reflexive discussion regarding new practices in engineering education. This is essential to prompt social concern among science and technology students and face the challenges of climate change, inequality and the antidemocratic drift in the application of information and communication technologies.

Keywords: technological determinism; frugal innovation; collective action; STS teaching; engineering

“En efecto, la cuestión acerca de si la tecnología está ‘afuera’ de la sociedad o ‘dentro’ de ella, está lejos de ser trivial. Si las tecnologías vienen de afuera, la única agencia crítica que nos queda es enlentecer su inevitable triunfo —una acción de retaguardia en el mejor de los casos—. Por el contrario, si las tecnologías vienen de *adentro* de la sociedad y son productos de procesos sociales en marcha, podemos en principio alterarlas —al menos modestamente— aún mientras ellas nos cambian (...) en muy diferentes eras (hay) actores históricos eligiendo y cambiando tecnologías en un esfuerzo por crear o apoyar sus visiones del futuro (cualesquiera éste fuere)”.

(Thomas Misa, 2011: 13. Énfasis en el original, traducción propia)

1. Punto de partida: ¿ser o no ser deterministas tecnológicos?

A nivel macro —macro-tecnológico y macro-histórico— es difícil resistirse a la impresión de que las tecnologías que influyen fuertemente en múltiples aspectos de nuestra vida social, económica, política y cultural se nos imponen por su evidente superioridad tecnológica. Su grado de irreversibilidad, obvio para cualquiera que se pregunte cómo se las arreglaba hace apenas unos años cuando no tenía teléfonos celulares inteligentes, refuerza dicha impresión.

A partir de allí, la búsqueda eventual de alternativas a lo existente no parece tener sustento racional. Cuando se cambia de perspectiva y se analiza la interacción tecnología-sociedad a nivel micro, en particular en los momentos de diseño y análisis de posibles variaciones previos al triunfo de la alternativa que finalmente se impone, dicha impresión se debilita considerablemente. Esta segunda perspectiva, justamente por ser micro, no es general sino caso a caso. Los ejemplos abundan en la literatura relacionada con el cambio tecnológico: David (1985) explica la extraña supervivencia de QWERTY en los teclados informáticos, Rogers (2003: 147) comenta el triunfo del “refrigerador con zumbido” eléctrico respecto del de gas, Noble (1979) analiza el porqué de la opción por el largamente ineficiente diseño algorítmico del comando de las primeras máquinas herramientas de control numérico. Incluso la arraigada idea de que el telar hidráulico de Arkwright fue una causa central del sistema fabril en la primera revolución industrial, pues era una oportunidad tecnológica fantástica que requería “economías de aglomeración” para su utilización racional, parece discutible a la luz de análisis más detallados:

“El control legal sobre los cursos de agua era sólo posible si las licencias sobre patentes se restringían a unidades de producción de la escala de una fábrica (como opuesto a unidades de escala doméstica, donde la duplicación no autorizada [de los telares] sería difícil de controlar); a su vez, las unidades a escala de fábrica sólo eran económicas cuando estaban construidas sobre un molino de agua. Las fantásticas ganancias de Arkwright cementaron la visión popular de que su maquinaria y la fábrica eran solo una. Este resultado no debería oscurecer que un camino alternativo —telares hidráulicos de escala familiar— fue cerrado no por necesidad técnica sino por consideraciones legales impuestas por Arkwright y sus socios comerciales” (Misa, 1994: 122, traducción propia).

Asumamos que a la pregunta que titula esta sección la respondemos diciendo que no somos deterministas tecnológicos y que entendemos que hay un camino de dos vías entre tecnología y sociedad, lo que implica, al menos, que aceptamos que las acciones humanas tienen voz en las tecnologías que usamos para resolver determinados problemas. Esto equivale a entender que en todo momento hay “actores históricos eligiendo y cambiando tecnologías en un esfuerzo por crear o apoyar sus visiones del futuro”, tal como indica Misa en el fragmento citado al comienzo. Esos actores históricos están, en la mayoría de los casos, asociados al poder, económico, político y militar; los intereses de los poderosos se acompañan, además, por marcadas visiones ideológicas acerca de lo deseable para la sociedad en su conjunto. Podríamos entonces preguntarnos si no sería correcto derivar las dinámicas de cambio de un determinismo “poder social-tecnológico”. Esta visión no negaría la posibilidad de alternativas a lo existente, pero consideraría inviable su concreción e inevitable el desarrollo de las tecnologías que, a la postre, resultarán dominantes. Teller, el “padre” de la bomba de hidrógeno, provee un ejemplo de la aceptación de esta visión, escribiendo en 1945: “Hay ciertas dudas entre mis colegas científicos acerca de que sea recomendable desarrollarla [la bomba de hidrógeno] con el argumento de que podría hacer que los problemas internacionales fueran aún más difíciles de lo que son actualmente. Mi opinión es que eso es una falacia. *Si el desarrollo es posible, está fuera de nuestro poder evitarlo*” (citado en Rhodes, 2005: 208. Énfasis agregado, traducción propia)

132

Otro ejemplo en la misma dirección, pero claramente orientado a la denuncia y no a la aceptación, lo da la conferencia magistral Alan Turing de 1980, presentada por el científico de la computación británico C. Hoare refiriéndose al lenguaje de computación ADA desarrollado por el Ministerio de Defensa estadounidense: “Casi cualquier cosa en el campo del *software* puede ser implementada, vendida e, incluso, usada, si hay para ello suficiente determinación. No hay nada que un simple científico pueda hacer contra un flujo de cientos de millones de dólares. Pero hay una cualidad que no puede comprarse a ese precio y ella es la confiabilidad. El precio de la confiabilidad es la búsqueda de la máxima simplicidad. Y ese es un precio que los realmente ricos encuentran muy duro pagar” (Hoare, 1981: 82, traducción propia).

Vemos así que la mirada macro consagra el determinismo tecnológico, mientras que la mirada micro, aunque descubre que lo que hoy tenemos no es el resultado ineluctable de la evolución tecnológica y por tanto reconoce que siempre —al comienzo de cada desarrollo— hay alternativas, resulta débil frente a los mandatos del poder. Los ingenieros —en sentido amplio, es decir: los que buscan soluciones basadas en ciencia y tecnología a problemas— trabajan a nivel micro; están por lo tanto en contacto con alternativas. Quizá el dominio del determinismo “poder social-tecnológico” sea tan fuerte como para ni siquiera reconocer que dichas alternativas existen. Quizá el precio a pagar por pertenecer a una élite —no la más rica ni la más poderosa, pero élite al fin— sea no percibir sino los problemas que plantean los verdaderamente poderosos, que en buena medida orientan la agenda del cambio tecnológico. En su famoso libro *Lo pequeño es hermoso*, Schumacher se pregunta: “¿Podemos establecer una ideología, o como quiera llamársela, que insista en que los educados han tomado sobre sí mismos una obligación y que no han adquirido simplemente un ‘pasaporte al privilegio’?” (1984: 178). Y continúa diciendo: “Si esta

ideología no prevalece, si se da por sentado que la educación es un pasaporte al privilegio, el contenido de la educación no será servir a la gente, sino servirnos a nosotros mismos, los educados” (1984: 178-179).

Pero aun si esa ideología de servicio a la gente prevaleciera en cierta medida, todavía la fuerza del determinismo tecnológico macro podría evitar la exploración seria de alternativas. Por ejemplo, operando a través de lo que en inglés se denomina *technology fix*, que equivale a “arreglar con más tecnología los desarreglos de la tecnología”, sin considerar identificar y alterar los orígenes no tecnológicos de los problemas, lo que seguramente requeriría mucha tecnología alternativa, de otro tipo, inspirada en otros principios de diseño. Detrás del *technology fix* está la mezcla de convicción y conveniencia de que nada hay que cambiar fundamentalmente en los modos de vida —y en las formas de hacer ciencia y diseñar tecnología— prevaletes en los países altamente industrializados debido a posibles daños irreversibles, pues siempre llegará, justo a tiempo, alguna tecnología salvadora. Joseph Weizenbaum, quien fuera director del instituto de ciencias de la computación del MIT, lo plantea así ya a mediados de los 70: “Sí, la computadora llegó justo a tiempo. ¿Pero a tiempo para qué? A tiempo para salvar —y para salvar casi intactas, incluso para fortalecer y estabilizar— estructuras políticas y sociales que de otra forma podrían haber sido radicalmente renovadas o sacudidas bajo las demandas que seguramente les habrían sido formuladas” (1976: 31, traducción propia).

Aprovechar que los ingenieros trabajan a nivel micro, que es el espacio de las posibles alternativas, para pensarlas efectivamente en conjunto con actores sociales que las necesitan, es una potencialidad de no fácil realización, pero tampoco es un espejismo. La cuestión es: ¿por qué buscar alternativas? ¿Qué tipo de disconformidad, de preocupaciones, nos lleva a considerarlas necesarias?

133

2. Aspectos de la actual deriva tecnológica que llevan a impulsar nuevas prácticas

De los varios aspectos a mencionar, destaquemos tres.

2.1. La discutible utilización de la informática

Un primer espacio de preocupaciones es la escalada de control y vigilancia informáticos, crecientemente perversa y focalizada. La velocidad de su aparición y la profundidad de sus impactos hacen complejo su análisis. Zuboff (2019) lo aborda y da cuenta, por ejemplo, de la aceptación en 2015 por parte de la Agencia Española de Protección de Datos del reclamo de usuarios de Google a su “derecho al olvido”, es decir: a que fueran borrados ciertos enlaces a situaciones pasadas. Ante la apelación de Google la cuestión pasó al Corte Europea de Justicia, que volvió a darles la razón a los usuarios. El “derecho al olvido”, una forma parcial de aludir al derecho a la privacidad, fue consagrado hace ya casi 50 años en una de las primeras leyes de protección de datos del mundo, en Suecia, 1972. Tres años después, luego de una cuasi revuelta popular, la ley de informática y libertades en Francia consagraba el derecho de los ciudadanos a revisar la información que sobre ellos se

acumulaba en registros públicos y solicitar fundadamente que se eliminara alguna. Eran épocas en que la ciudadanía y la legislación le imponían límites a lo que a través de la tecnología computacional se podía o no hacer. Zuboff da cuenta de un cambio copernicano respecto de esto último.

Podría aludirse que hace 50 años lo que el mundo digital tenía para ofrecer no alcanzaba a oscurecer los derechos que eventualmente podían perderse con su uso, mientras que actualmente la “magia” de lo digital ha llegado a ser tan poderosa que ninguna consideración es tomada en cuenta si amenaza desligarse de ella. Así las cosas, ¿a qué acción colectiva podrían eventualmente sumarse trabajadores informáticos con el propósito de revertir la negación de la privacidad intrínseca al diseño actual de las tecnologías a las que contribuyen a dar forma? Sobre este tema, el de los límites de la acción colectiva restringida al campo de los técnicos, volveremos. Pero sin duda hay espacios para dicha acción. La decisión de los trabajadores de Google, tomada en diciembre de 2018, de no continuar con un diseño contratado por el Ministerio de Defensa, no es exactamente una alternativa tecnológica. Es una acción a nivel micro que constituye una alternativa social-gremial, pero profundamente ingenieril: no poner el conocimiento especializado al servicio de una causa considerada, por los propios técnicos, como socialmente dañina.

“2018 fue el año en que las definiciones de las grandes compañías tecnológicas acerca de su misión pasaron a perseguirlas. Cuando sus empleados entendieron que sus productos estaban poniendo al mundo en peligro y que la gerencia no estaba dispuesta a escuchar, hicieron públicas sus protestas. En Google y en Amazon desafiaron los contratos para vender inteligencia artificial y tecnología de reconocimiento facial al Pentágono y a la policía. En Microsoft y Salesforce, los trabajadores argumentaron en contra de vender servicios de computación en la nube a agencias que separaban familias en la frontera (...) Si ese momento de valoración tecnológica nos ha enseñado que Silicon Valley es el mismo viejo capitalismo, quizá entonces los trabajadores de Google no sean un nuevo tipo de trabajador y podría ocurrir que algunas reglas tradicionales de trabajo se les apliquen, por ejemplo, la necesidad de acción colectiva para que ocurran cambios estructurales” (Tiku, 2018: s/p. Traducción propia)

134

Este caso ilumina la importancia de la agencia social de los ingenieros: lo que ellos no hagan no será hecho. Lo reactivo, con lo importante que es, corre el serio riesgo de ser derrotado si no pasa a lo proactivo, pero esto último no puede encararse en soledad. La agencia social proactiva de los ingenieros —construir alternativas a lo que se rechaza— sólo podrá ejercerse en el marco de una acción colectiva más amplia que los incluya. Dicha agencia no puede darse por sentada, sino que hay que construirla: a colaborar a ello apunta en última instancia una cátedra de ingeniería y sociedad.

2.2. La cuestión de la sustentabilidad ambiental

Un segundo espacio de preocupaciones, particularmente agudo, está asociado a la sustentabilidad ambiental. Este aspecto comparte con el anterior, aunque de forma diferente, la cuestión de la irreversibilidad. Una vez que se tiene acceso a bienes y servicios que se transforman en imprescindibles —en el sentido que no se imagina la posibilidad de volver atrás y actuar sin ellos— la construcción de alternativas para obtenerlos es lo que queda a menos de aceptar los costos de la deriva tecnológica dominante o propugnar un cambio radical de costumbres. En el caso de la sustentabilidad ambiental, agredida en diversos frentes fundamentalmente por las tecnologías utilizadas para satisfacer sobre todo demandas —que no necesidades— presentes en las sociedades altamente industrializadas, el dilema está entre la catástrofe, cuya negativa crece en adeptos al visualizarse los costos económicos inmediatos de aceptarla y actuar en consecuencia, y la des-intensificación radical del consumo energético. Esto último es, parecería, aunque se lo pueda formular en palabras, inimaginable en hechos a nivel general.

Hace ya varias décadas, Isaac Asimov escribió una novela de ciencia ficción llamada *Los propios dioses* a partir de una frase de Schiller: “Contra la estupidez ni los propios dioses pueden”. En dicha novela se cuenta la historia de una tecnología que, una vez implementada, permitía tener energía inagotable, gratuita y limpia. Un joven científico descubre que dicha tecnología, denominada corrientemente “la Bomba”, transformará el sol en una supernova en un plazo cercano y recurre a un senador para pedirle ayuda. El diálogo entre ambos tiene, creo, la particularidad de ser perfectamente actual y aplicado por cierto no sólo a lo energético.

135

—Entonces, ¿me ayudará usted, señor?
 —¿Ayudarle a hacer qué?
 —Pues... a conseguir que detengan la Bomba.
 —¿Eso? En absoluto. Es imposible.
 —¿Por qué? Usted es el jefe del Comité de Tecnología y el Medio Ambiente, y su deber es precisamente detener la Bomba, o cualquier procedimiento tecnológico que amenace con causar un daño irreparable al medio ambiente. No puede haber un daño mayor ni más irreversible que el que causará la Bomba.
 —Cierto. Cierto. Sí, usted tiene razón. Pero, al parecer, su opinión se basa en conjeturas diferentes de las aceptadas. ¿Quién puede decirnos qué suposiciones son las correctas?
 (...)
 —Señor, mis colegas no quieren creerme. Sus intereses se lo impiden.
 —(...) Déjeme darle una lección de política práctica (...) Es un error suponer que el público quiere que se proteja el medio ambiente y se salven sus vidas, y que se sentirá agradecido hacia cualquier idealista que luche para conseguir estos fines. Lo que el público quiere es su comodidad individual. Lo sabemos muy bien por nuestra experiencia en la crisis ambiental del siglo XX (...) Cuando quedó demostrado que el motor de combustión interna polucionaba peligrosamente la atmósfera, el remedio evidente era prescindir de tales motores, y el remedio deseado fue fabricar motores que no

causaran la polución. Pues bien, jovencito, ahora no me pida que detenga la Bomba. La economía y la comodidad de todo el planeta dependen de ella. Dígame, en cambio, cómo evitar que la Bomba haga explotar el sol” (Asimov, 1974: 25).

Este es un campo —el energético— en el que las alternativas tecnológicas han sido y continúan siendo exploradas activamente, desde elementos de iluminación de bajo consumo hasta formas de generación energética menos contaminantes. Es interesante observar, en un desarrollo tecnológico en marcha, cómo se plantean alternativas de diseño y cómo éstas se asocian a elementos del contexto donde actúan quienes diseñan.

En el caso de la producción de turbinas para generar energía eólica, dos estrategias tecnológicas divergentes, con consecuencias económicas también divergentes, se desarrollaron en Holanda y en Dinamarca entre 1980 y 2000. En el caso de Holanda se procuró construir turbinas grandes a partir de diseños derivados de experiencia ingenieril en el sector aeroespacial; en el caso danés se apuntó a turbinas de pequeño porte a partir del saber hacer de pequeñas empresas de diversos rubros, como producción de yates y maquinaria agrícola, con abundante retroalimentación sobre dificultades por parte de usuarios próximos geográficamente, lo que permitió un flujo constante de mejoras. El éxito de la industria de generadores eólicos danesa es bien conocido; la holandesa no llegó a despegar (Kamp, 2010). Este ejemplo no pretende generalizar receta alguna para lograr éxito, sino, al contrario, mostrar que la creatividad tecnológica para resolver problemas puede avanzar por caminos muy diversos. Que esos otros caminos se recorran depende de un conjunto de aspectos con diferentes niveles de incidencia; la actitud de los ingenieros, en el sentido amplio antes explicitado, puede no ser uno de los más poderosos, pero es sin duda determinante.

136

La lucha propiamente tecnológica por la sustentabilidad asociada a lo energético se da no sólo en el extremo de la generación sino en el del uso. Aquí también puede ocurrir la aceptación de lo que existe, aunque resulte irracional en un contexto dado, o la búsqueda de soluciones adaptadas. Un ejemplo de Uruguay ilustra el punto. Un serio problema asociado a la imprevisibilidad climática tiene que ver con el posible compromiso e incluso pérdida total de cosechas frutales por heladas. Las heladas difieren en sus efectos de acuerdo a la latitud: en latitudes nórdicas son más extremas y han sido tratadas con dispositivos de alto consumo energético. En latitudes intermedias, la utilización de estos dispositivos es altamente irracional, pues las heladas presentan otras características y el daño infligido a las plantas es menos severo. Además, su alto costo los pone fuera de alcance de productores pequeños. En Uruguay, un ingeniero hidráulico, aplicando leyes de la hidrodinámica al aire en tanto fluido, generó un dispositivo, el Sumidero Invertido Selectivo, que básicamente evita que fenómenos cuyo soporte es la baja atmósfera lleguen a nivel del suelo, que es el caso de las heladas, pudiendo también enviar a la baja atmósfera fenómenos que se presentan a nivel del suelo, como olores o niebla (Guarga, 2012). Se trata de una plataforma tecnológica que ya ha sido utilizada en varias partes del mundo contra las heladas y que está empezando a utilizarse para niebla, siendo el caso más sonado el

del Canal de Panamá. Pensar “fuera de la caja” es imprescindible para obtener resultados de este tipo, muy en particular para buscar soluciones diferentes cuando existe alguna solución ya probada pero que no es adecuada en un contexto dado.

La primera condición para que esto sea posible es, una vez más, reconocer que siempre hay alternativas. Este es un reconocimiento que proviene en primer lugar de la comprensión de la interacción tecnología-sociedad; parecería entonces que esa interacción tiene que integrar la formación de quienes deberán imaginarlas e implementarlas.

2.3. La cuestión de la desigualdad

Un tercer espacio de preocupaciones tiene que ver con la desigualdad. No cabe duda de que la difusión de varias transformaciones tecnológicas, a pesar de sus limitaciones, ha traído beneficios incontables al conjunto de la humanidad: un ejemplo notable de ello es la expansión de la esperanza de vida, que va mucho más allá de los países altamente industrializados. Pero tampoco cabe duda de que la desigualdad se mantiene y aún se agrava, básicamente porque, a diferencia de la pobreza, es un “blanco móvil”: cuando se comercializa una vacuna que salva niños en una parte del globo, pero no los salva en otros pues su precio allí es inalcanzable, la desigualdad aumenta; cuando en una misma ciudad algunos acceden a sistemas de saneamiento y otros no, la desigualdad persiste, aunque las personas que no tienen saneamiento estén por encima de la línea de pobreza.

No en vano los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de 2015, a diferencia de la formulación de comienzos de este siglo, incluyen de forma explícita, en su objetivo 10, la disminución de la desigualdad. Conviene insistir que no se trata exclusivamente de desigualdad económica, de ingresos o de riqueza, con lo importante que esta es y cuyo crecimiento reciente es inmenso (Piketty, 2014) y según algunos está basada estructuralmente en la evolución tecnológica (Brynjolfsson y McAfee, 2014). Se trata de desigualdad en un sentido más amplio, como lo caracteriza Amartya Sen, quien indica que si bien los ingresos son un medio muy importante de acceso a cuestiones que hacen a la calidad de vida, “debemos mirar a las vidas empobrecidas y no sólo a las billeteras vacías” (2000: 9, traducción propia).

“Mirar a las vidas empobrecidas”, como sugiere Sen, desde una perspectiva tecnológica, implica un importante desafío intelectual, en un doble sentido. Por una parte, está la cuestión de la agenda: qué problemas se abordan y qué problemas no. Hace ya tiempo la Organización Mundial de la Salud acuñó el término “brecha 90/10”, que señala que el 90% de la investigación mundial en salud se dirige a enfermedades prevalentes en el 10% de la población mundial y, a la inversa, las enfermedades que afectan al 90% de la población mundial reciben la atención del 10% de la investigación mundial en salud. Las enfermedades prevalentes en determinadas poblaciones están relativamente bien identificadas; varios aspectos tecnológicos que hacen que una parte importante de la población mundial viva “vidas empobrecidas” también lo están, como nuevamente lo recogen los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Saneamiento, vivienda, nutrición, acceso a agua potable son algunos de

ellos; otros, de carácter más general, como la cuestión ambiental, aunque afecta a todo el planeta, hacen sentir sus efectos más duramente sobre los más desiguales.

Hay, sin embargo, una diferencia significativa entre estos problemas y los que plantea la brecha 90/10. Muchos de los primeros tienen solución en algunas partes del mundo, aunque esas soluciones no resulten tales en otras partes, mientras que en el caso de los segundos se trata de problemas que son ignorados, que están fuera de la agenda. Esta diferencia muestra que no se trata sólo de agenda —es decir, de qué problemas se abordan y cuáles no—, sino de cómo se abordan. Para el acceso a agua potable hay soluciones bien conocidas: en general se trata de usinas de tratamiento de tamaño importante, que distribuyen el agua a través de sistemas que se insertan de forma compleja en tramas urbanas. Para poblaciones relativamente aisladas, donde la instalación de sistemas clásicos de potabilización no es posible por razones tanto de costo como operativas, lo que está planteado es otro problema, en la medida en que un problema está caracterizado, también, por las condiciones requeridas para que sea resuelto. Otro ejemplo quizá colabore a explicitar mejor este aspecto, que es crucial.

El equipamiento médico ha sido un factor de primera importancia en la prevención y tratamiento de enfermedades; la enorme mayoría se inventa y se produce en países altamente industrializados; su precio —que no necesariamente su costo— es uno de los factores de encarecimiento y por tanto de exclusión en el acceso a la salud en países sin sistemas públicos fuertes y en la mayoría de los países periféricos. Esto quiere decir que, al igual que en el caso del agua potable, problemas resueltos en ciertos contextos resultan problemas que perviven en otros contextos. No se trata de problemas aún sin solución —es importante insistir en esto—, sino de problemas con “soluciones tipo brecha”: resueltos para un porcentaje minoritario mundial y no resueltos para un porcentaje mayoritario de la población. Reducir o eliminar las brechas no se puede lograr, de forma práctica, con más dinero destinado a adquirir las soluciones existentes, no sólo por los montos involucrados en la compra de los volúmenes necesarios, sino también por los prerrequisitos de infraestructura necesarios para su utilización efectiva, que pueden no estar presentes.

Un ejemplo —entre tantos— de equipamiento médico que tiene una “solución tipo brecha” es la lámpara de luz azul para tratamiento de ictericia severa neonatal. Consiste en la producción de un haz de luz de frecuencia muy precisa, lo que se logra de forma óptima recurriendo a LED (*light emitting diodes*), pero que necesita miles de ellos, dada su baja intensidad. Esto afecta directamente el costo de la lámpara y la pone fuera de alcance de hospitales pediátricos públicos en muchas partes. Tanto en el caso de acceso a agua potable como en el de la lámpara de luz azul, la brecha asociada a las soluciones existentes pudo reducirse a través de una reformulación de los problemas que ubicó la búsqueda de soluciones a partir de condiciones diferentes. En el primer caso las condiciones fueron potabilización *in situ* y no a través de sistemas distribuidos; en el segundo fue obtener la lámpara con un orden de magnitud menor de LED. Las Unidades Potabilizadoras de Agua (UPA) fueron desarrolladas por ingenieros en la empresa pública responsable por el suministro de agua potable en Uruguay para atender necesidades de la cohorte uruguaya de los Cascos Azules de la ONU en el Congo. Consiste en una miniaturización lograda a partir de los principios

operativos de un sistema centralizado, de modo que la unidad puede ser transportada por avión, colocada en un camión y trasladada para dar servicio a varios poblados en una cierta zona (Obras Sanitarias del Estado, s/f). Una lámpara de luz azul que utilizaba diez veces menos LED que las convencionales —con la reducción concomitante de costo— fue también desarrollada en Uruguay, a partir de un concentrador de luz que obtenía de forma diferente la intensidad requerida, y fue instalada en varios hospitales públicos del país (Geido *et al.*, 2007).

Las “soluciones que reducen brechas de acceso” tienen un punto fundamental en común: son ideadas para condiciones de escasez. La escasez tiene varias manifestaciones, que pueden o no estar presentes en cada solución particular: recursos para desarrollar la solución, recursos disponibles para sus usuarios, sean institucionales o individuales, condiciones infraestructurales, requerimientos de mantenimiento. Lo que resulta claro es que la heurística de búsqueda de soluciones es muy diferente en condiciones de abundancia que en condiciones de escasez; no debiera ser sorprendente que, cuando estas últimas prevalecen, las soluciones del primer tipo resulten “tipo brecha”.

Un ejemplo proveniente de un marco muy diferente puede resultar ilustrativo de esto. En un estudio sobre la competitividad de la industria norteamericana, de notable profundidad, realizado en 1989 por un equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts, se indica que uno de los problemas presentes en el sector industrial es el escaso derrame que recibe desde el sector de defensa, donde se concentran los mayores esfuerzos gubernamentales en materia de investigación y desarrollo. Ello se debe a que los laboratorios de investigaciones militares trabajan en condiciones de abundancia, con exigencias de desempeño que ni pueden ni necesitan ser cumplidas en el ámbito civil, haciendo tan caras sus innovaciones que no sirven fuera de la esfera en que fueron creadas (Dertouzos *et al.*, 1989). Algo similar es lo que ocurre con muchas soluciones desarrolladas en condiciones de abundancia cuando se procura generalizarlas a contextos signados por la escasez: simplemente no sirven. El problema es que no es lo mismo formar para generar soluciones en condiciones de abundancia que hacerlo para procurar innovaciones frugales, aptas para su uso en condiciones de escasez.

La caracterización de innovación frugal como la que logra los mejores resultados posibles con una utilización de recursos dramáticamente disminuida respecto de innovaciones “canónicas” sugiere que quienes la aborden deberán incluir en su entrenamiento reflexión y práctica no canónica. De hecho, esto ocurre en forma tácita en muchos países periféricos, donde la capacidad de innovar en condiciones de escasez se desarrolla en el día a día al solucionar problemas con los recursos que se tienen a la mano. Sin embargo, esta capacidad suele ser vista como un mal necesario —más allá de la excelencia técnica de las soluciones encontradas— y no como una palanca para hacer de la tecnología una herramienta al servicio de su propia democratización. La creciente comprensión del impacto negativo de la innovación en condiciones de abundancia, no sólo sobre la igualdad sino sobre la sustentabilidad ambiental, puede legitimar crecientemente a la innovación frugal. El cambio radical de enfoque que ella implica requerirá entonces que nuevas prácticas sean reflexivamente estimuladas.

3. Algunos enfoques para nuevas prácticas

Como primera observación, una cuestión general: el estímulo a nuevas prácticas de la ingeniería en una acepción amplia —construcción de soluciones, avance de la frontera de lo posible— en un sentido socialmente comprometido no puede consistir en un cúmulo de responsabilidades puestas sobre las espaldas de estudiantes y profesionales. Estos últimos son fundamentales para que dichas prácticas tengan lugar, pero no son los únicos actores. Es importante que lo tengan claro, pues de lo contrario puede ser grande el desánimo ante la dificultad de hacer de las nuevas prácticas palanca para un cambio de largo alcance. De lo que se trata es de proporcionar enfoques que ayuden a comprender las vinculaciones de ida y vuelta entre tecnología y sociedad como punto de partida para tomas de posición personales y colectivas.

Un primer enfoque refiere a aspectos normativos. ¿Todo lo que puede hacerse debe hacerse? Esta es una vieja pregunta, asociada al “principio de precaución”: si hay presunción de riesgo, aunque ello aún no se haya demostrado, abstenerse. Los riesgos habitualmente asociados al principio de precaución tienen que ver con salud humana y daño ambiental: ambas preocupaciones se conjugan en las discusiones sobre organismos genéticamente modificados, por ejemplo. Pero hay otros campos, mucho menos presentes en la discusión pública, donde es razonable plantear que el principio de precaución debiera operar: el informático es uno de ellos. ¿Todo lo que se puede informatizar debe informatizarse? ¿Todo lo que puede hacerse a partir del uso de la informática debe hacerse? La respuesta positiva a la primera pregunta puede dar lugar a riesgos importantes asociados a la vulnerabilidad de sistemas altamente interconectados. La segunda pregunta apunta a cuestiones muy profundas, que hacen a la libertad, la democracia, el derecho a la privacidad, el control sobre variables que afectan la propia vida.

140

Naturalmente, el interrogante que sigue es a quién le corresponde responder estas preguntas. Una primera respuesta es que se trata de una cuestión regulatoria, competencia de la política y del Estado. Así fue entendido en múltiples ocasiones: son ejemplos de esto la regulación del uso de datos para garantizar privacidad, ya mencionada, o una ley aprobada en 2008 en los Estados Unidos que prohíbe la utilización de información genética para discriminar acceso a seguros médicos o empleos. Pero lo cierto es que estas regulaciones tuvieron lugar porque la implementación de tecnologías de la información generó riesgos que fueron percibidos como tales. No pocas veces los riesgos asociados a la introducción tecnológica son negados o minimizados por partes interesadas, empresas o Estados. De hecho, las regulaciones antes mencionadas fueron debilitadas al punto de volverlas en gran medida inoperativas.

La incorporación de dimensiones normativas en la formación en ingeniería conduce a conocer y analizar los dilemas planteados por la introducción de determinados diseños tecnológicos y, muy en especial, a dilucidar el papel que en dichos dilemas jugaron los ingenieros. Esto no siempre es fácil. En el caso de la informática, la velocidad del cambio tecnológico lo hace especialmente difícil: “Los avances

tecnológicos suelen aparecer como saltos repentinos, discontinuos, que cubren todo el trabajo previo con una tela de araña de obsolescencia impenetrable (...) Hay un punto en la historia de la tecnología en el cual el estudio del pasado tecnológico se vuelve paleontología, y en el caso de la computación ese punto está incómodamente próximo, y acercándose” (Metropolis *et al.*, 1985: 15, traducción propia). Esta apreciación hace aún más urgente estudiar y analizar críticamente lo que aún no fue cubierto por esa tela de araña impenetrable. Desconocer el pasado hace más fácil presentar a la tecnología de cada momento como indiscutible e inevitable, ridiculizando la idea misma de alternativa o planteando como única alternativa el atraso. Así, promover la discusión sobre impactos concretos de desarrollos tecnológicos adquiere dimensión normativa, en dos direcciones. Por una parte, una dirección “reactiva” que analiza responsabilidades; por otra, una dirección proactiva que estudia propuestas. Ambas requieren discutir valores, punto de partida irrenunciable para nuevas prácticas.

Un segundo enfoque refiere a la legitimidad de las alternativas. Hay una suerte de apelativo derogatorio que se aplica no sólo a los que se oponen a determinado diseño o deriva tecnológica, sino a los que expresan dudas sobre su conveniencia: neoluditas. La expresión deriva de Ned Ludd, un trabajador inglés del siglo XIX al que se le adjudica la dirección de un movimiento de oposición violenta, de sabotaje, a la introducción de máquinas en la producción fabril. El término sobrevivió a su época y pasó a designar, hoy, a quienes discrepan con alguna forma de cambio técnico, se opongan a él de forma organizada o simplemente expresen una opinión en ese sentido. El contenido derogatorio del término radica en la sugerencia de amor al pasado, de inmovilismo, de anti-progreso, volviendo así la crítica o aun la duda en una actitud con connotaciones negativas. La historia de la tecnología ha mostrado, sin embargo, que los luditas no eran “anti-progreso”, sino defensores de su calidad de vida en el ámbito laboral, lo que tenía centralmente que ver con el ejercicio de sus habilidades en el trabajo. Johan Schot analiza de esta forma la cuestión:

“... su protesta (de los luditas) involucraba una fuerte crítica de la tecnología. Su postura crítica no estaba basada, sin embargo, en un desprecio de la tecnología en general. Por el contrario, estaba dirigida hacia máquinas específicas. Las únicas máquinas que los luditas destruyeron eran aquellas respecto de las cuales los trabajadores tenían particular motivos de queja. Otras máquinas, incluso en la misma fábrica, quedaban intactas (...) Más aún, quisiera enfatizar que la resistencia de los luditas era mucho más profunda que el mero rechazo de máquinas particulares. Tenía que ver con los albores de un nuevo tipo de sociedad, encarnado en un conjunto de máquinas específicas, en el cual el empleador tenía el derecho de introducir máquinas que hacían redundantes a los trabajadores, producían desempleo, y rebajaban la calidad de los productos y de la sociedad toda (...) Era una lucha entre modelos rivales acerca de cómo organizar la sociedad. Los luditas exigían que aquellos que introducían nuevas máquinas anticiparan sus efectos sociales” (Schot, 2003: 260, traducción propia).

La acusación derogatoria de neo-ludita a quienes dudan, indagan, sugieren alternativas y plantean que las alternativas son necesarias, encierra así una falacia histórica: no se trata de una actitud anti-progreso basada en un amor irracional al pasado, sino en un eventual cuestionamiento a senderos tecnológicos que, se entiende, son perjudiciales para la sociedad en que se quiere vivir. El punto no es si estos cuestionamientos son razonables, sino si debe considerarse por principio que no lo son. Dicho de otro modo: ¿debe estimularse la “duda tecnológica” en la formación en ingeniería, abriendo la puerta a la consideración de alternativas a las formas dominantes de pensar y diseñar?

No estamos hablando aquí de alternativas relativamente menores dentro de un gran sendero de desarrollo tecnológico, sino de senderos alternativos. La historia de la tecnología provee múltiples ejemplos de construcción de alternativas en el marco de formas preexistentes de resolver problemas. En ocasiones esas alternativas se hicieron necesarias a raíz de situaciones que imposibilitaron la continuidad de esas formas, típicamente por limitaciones en el suministro de los insumos necesarios; en otras, aparecieron elementos nuevos que constituyeron una oportunidad para cambiar. Lo que conviene remarcar es que más allá de lo inevitable que pueda parecer una determinada forma tecnológica, esa apariencia es artificial —es decir: social— y no natural. Nada en tecnología es como es porque no podría haber sido ni puede ser de otra manera —siempre que no estemos hablando del no cumplimiento de las leyes de la naturaleza. La apariencia de inevitabilidad no es irreal: que no derive de leyes naturales, sino de aspectos sociales, no hace que buscar alternativas sea simple, pero sí hace que sea posible. Y esa búsqueda es imprescindible si se quiere resolver problemas aún no resueltos y que es evidente que no serán resueltos con la orientación tecnológica existente. Ello llama a nuevas prácticas de la ingeniería, antecedidas por la predisposición intelectual a encararlas y a estimularlas desde la formación.

142

Un tercer enfoque se vincula con lo que podríamos llamar la “lealtad de los ingenieros”. Su trabajo, que tanta incidencia tiene en la evolución de la sociedad, ¿a qué intereses responde? Como cualquier trabajador, los que se desempeñan en la ingeniería pueden hacerlo en relaciones de dependencia, con grados limitados de autonomía: sus contratos establecen sus tareas. Actualmente hay oficios en la ingeniería —la informática es descollante en ese sentido— donde se admite una serie de libertades desconocidas en otras ramas. Aunque la vida cotidiana admita en este caso mayores grados de libertad en diversas dimensiones —horarios, vestimenta—, el saber tecnológico está al servicio de objetivos empresariales por demás claros, cosa lógica en el mundo empresarial.

Tenemos también la ingeniería que, desde ámbitos públicos o privados, se dirige a solucionar problemas de terceros. Aquí aparece una cuestión interesante, que ha sido tratada desde ópticas diferentes, de las que mencionaremos dos que presentan una significativa convergencia: el papel de los usuarios. En un estupendo libro, Eric von Hippel describe el fundamental papel de los usuarios como fuente de innovaciones. Lo que se afirma es que aquellas innovaciones donde sus futuros usuarios juegan un papel importante son “mejores”, en el sentido directo de responder de forma más precisa a los problemas planteados y a solucionarlos de forma más eficaz y eficiente.

Pero abrirle juego a los usuarios en la etapa de diseño no es algo habitualmente promovido: “... no podemos esperar que el grupo de I+D de una empresa esté interesado en incorporar el punto de vista de los usuarios si sus ingenieros han sido entrenados y motivados para diseñar todo el desarrollo del producto por sí mismos” (von Hippel, 1988: 9, traducción propia) Se supone que las innovaciones deben ser guiadas por el objetivo de resultar útiles a quienes las usan; sin embargo, es común encontrar “innovaciones insatisfactorias” (Lundvall, 1985). Ello se debe, en buena medida a la soberbia de quien detenta el saber técnico y su escasa capacidad de escucha a los usuarios. Entre los ejemplos de innovaciones insatisfactorias que Lundvall menciona están:

“... las plantas diseñadas por los productores de equipamiento y de sistemas excesivamente capital intensivas, más inflexibles y más altamente automatizadas de lo que hubiese correspondido a una solución costo-efectiva y adecuada a las necesidades de los usuarios. Esto se debe en parte a que en algunas áreas clave las competencias de los productores y de los usuarios sólo se solapaban parcialmente, con el conocimiento muy desigualmente distribuido (...) En este relacionamiento, se desarrolló una jerarquía donde los productores fueron capaces de imponer sus estándares en vez de ajustarse a las necesidades de los usuarios. Pero, ¿por qué los productores desarrollaron una tecnología que no era costo-efectiva a nivel del usuario? La respuesta a esta pregunta es difícil de sustanciar, pero tuvimos la impresión de que en esto ciertos factores no económicos eran sumamente importantes. Parecía que los productores estaban siguiendo una trayectoria tecnológica en la dirección de más niveles de automatización. Se asumía implícitamente que un mayor nivel de automatización implicaba incrementar el grado de eficiencia” (Lundvall 1985: 19, traducción propia).

143

Esto, que refiere a una tecnología de punta en un país altamente industrializado (Dinamarca), se ve aún más fuertemente presente en contextos de menor desarrollo tecnológico moderno propio. Por ejemplo, un análisis de Consejo Indio de Investigación Científica e Industrial referido a la promoción de innovaciones dirigidas a poblaciones rurales pobres llega a conclusiones similares: “El proceso de transferencia tecnológica se lleva a cabo empujando las soluciones que ya se tienen, sin el esfuerzo de adaptación tecnológica requerido para que la tecnología sirva en las condiciones concretas de los usuarios. Esto ocurre porque la interacción entre los trabajadores de I+D con los usuarios es débil. No ha habido intentos de entender a los usuarios como un sistema y de gestionar la transferencia de tecnología como un proceso interactivo” (Abrol 2014: 362, traducción propia).

Lundvall, en el trabajo citado, plantea que la clave de las innovaciones satisfactorias son las relaciones usuario-productor, que dan lugar a procesos interactivos de aprendizaje. La idea ha sido trabajada por la premio Nobel de economía Elinor Ostrom, quien desarrolló el concepto de co-producción. Al analizar dos experiencias concretas de innovaciones tecnológicas importantes a nivel social, una de ellas el sistema de saneamiento de un gran espacio urbano, Ostrom (1966) muestra cómo el diseño co-producido fue exitoso mientras el organizado desde

arriba, sin participación de usuarios resultó un fracaso. Una experiencia interesante de coproducción de innovaciones ocurrió en los países escandinavos en la década de 1970, desarrollando máquinas para la industria gráfica en estrecha interacción entre obreros gráficos e ingenieros en computación. Reflexionando sobre el proceso, el director del proyecto señalaba la importancia de una educación transformada para que experiencias de ese tipo pudieran prosperar: “Va de suyo que un enfoque de este tipo debe ser acompañado de cambios en el sistema educativo público. Un aspecto importante es impulsar el interés y las calificaciones de los diseñadores para involucrarse en este tipo de objetivos asociados a tecnologías democráticas (...) Es difícil imaginar cómo un verdadero diseño y uso democrático de nuevas tecnologías podría lograrse sin que estos prerrequisitos sean alcanzados” (Ehn, 1988: 349, traducción propia).

Aquí encontramos otra vez los límites a lo que podríamos llamar el “voluntarismo educativo”. Sin duda, introducir en la enseñanza de la ingeniería el respeto por el otro, la voluntad de escucha, el convencimiento de que hay saberes y opiniones que deben ser tomados en cuenta si se quiere lograr innovaciones útiles para los usuarios, es imprescindible, pues aprender todo esto a través de la práctica, a costa de múltiples fracasos, parecería absurdamente costoso. Pero a su vez este cambio en la educación parece difícil de implementar si el contexto fuera del ámbito educativo no es propicio. Hubo, también en 1970 y 1980, en algunos países, un movimiento que generó un ámbito de ese tipo. Ejemplo interesante de esto es Holanda con su oficina de apreciación tecnológica (NOTA, acrónimo en inglés de Netherland Office of Technology Assessment). Su inspiración no era exactamente la de las oficinas de apreciación tecnológica existentes, orientadas la observación a posteriori del impacto de la introducción de nuevas tecnologías, sino la anticipación de dichos impactos a través de “diálogos tecnológicos” con la sociedad que influyeran, ex ante, en el diseño de soluciones. Un informe elaborado al cabo de tres años de actuación de NOTA decía: “Este programa mostró que es perfectamente factible y, aún más, pertinente, que los desarrolladores de tecnología entren en discusiones con otras partes concernidas en la sociedad durante el proceso mismo de diseño y, al hacerlo, contribuyan hacia el avance de los desarrollos y a la introducción de tecnología relevante” (citado en Schot y Rip, 1997: 253, traducción propia).

En un contexto social donde esta conceptualización prima, o donde —como en Dinamarca— la introducción de tecnología ha dado lugar a Conferencias de Consenso (Andersen, 1995), es más sencillo orientar la formación en ingenierías hacia nuevas prácticas de diálogos interactivos con otros actores. Pero aún en estos casos, los avatares políticos con sus cambios en orientaciones ideológicas transforman las condiciones de posibilidad de orientaciones educativas como las recién mencionadas. NOTA ya no existe, como tampoco lo hace el Instituto Sueco de Vida en el Trabajo (Swedish Center for Working Life), donde se incubó y llevó a cabo el proyecto de nueva tecnología alternativa para la industria gráfica. Cambiar prácticas en las ingenierías es en general, y en muchos sentidos, nadar contra la corriente. Supone inducir cambios en las lealtades de los ingenieros, incluyendo aquellas dirigidas a actores que no los mandatan, que saben menos tecnológicamente hablando —aunque puedan saber más en lo que refiere a sus propios oficios— y, también, a sus propios valores como ciudadanos. Esto último es

importante: no puede dissociarse totalmente lo que se hace en la práctica de la ingeniería y el ejercicio cotidiano de la ciudadanía, como si fueran ámbitos mutuamente excluyentes. Suele ocurrir que la apreciación de la democracia en lo político se vea acompañada de lo autocrático en lo tecnológico. Mucho se puede hacer desde lo educativo para lograr convergencias y coherencias que fortalezcan a la vez la tecnología, la democracia y la equidad.

La tarea no es fácil, pero su importancia es enorme, especialmente en tiempos en que el adormecimiento que acompaña al “no hay alternativa” conlleva peligros ciertos de catástrofes, ambientales y sociales.

4. El papel fundamental de la formación social en ingeniería

Pueden identificarse diversas actitudes frente a la tecnología:

(i) Aceptar/adaptarse de forma acrítica, acompañando heurísticas de solución de problemas basadas en “si algo es bueno más es mejor” o “si puede hacerse debe hacerse”, el imperativo tecnológico.

(ii) Denunciar/evitar, como por ejemplo lo muestra la Conferencia Turing de 1980 o la reflexión de Weizenbaum cuando indica que hay que prestar especial atención al tipo de acciones que no deben ser puestas bajo control de computadoras. Esa reflexión de 1976, ampliamente ignorada a pesar de provenir de uno de los científicos de la computación más reputados de su época, sigue sin ser tomada en cuenta ahora: “... dado que las computadoras interconectadas son computadoras vulnerables, se sigue que todos los sistemas técnicos controlados por computadoras interconectadas son vulnerables” (Misa, 2011: 278, traducción propia). Y esos sistemas técnicos abarcan prácticamente el todo hoy por hoy...

(iii) Mejorar/avanzar, procurando, por ejemplo, poner a la tecnología al servicio directo de los Objetivos para un Desarrollo Sustentable. Esto es particularmente importante, porque la hipótesis optimista de que el derrame del crecimiento económico iba a “levantar el bote de todos” se mostró errónea: ha habido “crecimiento inteligente” al lado de creciente desigualdad. Y, como el análisis de Brynjolfsson y McAfee sugiere, lo primero podría ser causa de lo segundo. Por lo tanto, si se busca revertir la tendencia actual, construir igualdad a partir de tecnología debe transformarse en un objetivo explícito y directo.

(iv) Transformar/reinventar para trabajar al servicio de la democratización de la tecnología, partiendo de aprendizajes interactivos junto a actores diversos, cuyas necesidades y preferencias, de ser tenidas en cuenta, mejorarían sustantivamente la calidad de vida de grandes mayorías.

Esto lleva a pensar que la formación en ingeniería debería tender a mitigar la actitud del primer tipo entre las antes mencionadas, y a estimular las demás. Se proponen,

entonces, tres ejes de trabajo. El primero es la reflexividad, la revisión crítica de la tecnología existente, dando pie a un segundo eje, que es la preocupación social. Para el primero, la historia de la tecnología es un aliado formidable; para el segundo, el diálogo con otros actores —sociales, políticos, laborales— provee insumos valiosos. El tercer eje, la construcción de alternativas, de carácter marcadamente experimental, es clave para llevar a la práctica lo aprendido en los otros dos ejes, reforzando esos aprendizajes y también los compromisos.

Una formación en ingeniería que incluyera estos tres ejes debería dejar en quienes estudian algunas habilidades: i) reconocer dilemas éticos cuando aparezcan; ii) reconocer los límites de lo que se puede lograr con la tecnología; iii) preguntarse por lo que no debe abordarse con tecnología; iv) saber preguntarse por los perjuicios potenciales de ciertos diseños; y v) preguntarse cómo apoyar con tecnología el logro de objetivos socialmente deseables. La deriva actual hace que planteos como estos aparezcan como utópicos, soñadores, ingenuos y, por qué no, con sabor neo-ludita. Quizá convenga recordar que vale también para esta propuesta la frase de Max Weber (citado en Gerth y Wright, 1991: 128, traducción propia) que dice: “El ser humano no habría alcanzado lo posible a menos que una y otra vez no hubiera buscado tozudamente lo imposible”.

146

Bibliografía

ABROL, D. (2014): “Pro-poor Innovation Making, Knowledge Production, and technology Implementation for Rural Areas: Lessons from the Indian Experience”, *Innovation in India. Combining Economic Growth with Inclusive Development*, Nueva Delhi, Cambridge University Press, pp. 337-378.

ANDERSEN, E. (1995): *Feasibility Study in New Awareness Initiatives*, Copenhagen, Danish Board Of Technology.

ASIMOV, I. (1974): *Los propios dioses*, Madrid, Bruguera.

BRYNJOLFSSON, E. y MC AFEE, A. (2014): *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, Nueva York, Norton and Co.

DAVID, P. (1985) “Clio and the Economics of QWERTY”, *The American Economic Review*, vol. 75, n° 2, pp. 332-337.

DERTOUZOS, M. L., LESTER, R. K., SOLOW, R. M. y MIT COMMISSION ON INDUSTRIAL PRODUCTIVITY (1989): *Made in America: Regaining the Productive Edge*, Cambridge, MIT Press.

EHN, P. (1988): *Work-Oriented Design of Computer Artifacts*, Umea University. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:580037/FULLTEXT02.pdf>. Consultado el 10 de enero de 2019.

GEIDO, D., FAILACHE, H. y SIMINI, F. (2007): "BiliLED fototerapia neonatal de bajo costo: del prototipo a la producción industrial", *Proceedings of the XVI Congreso Argentino de Bioingeniería*, V Jornadas de Ingeniería Clínica, San Juan, Argentina. Disponible en: http://www.nib.fmed.edu.uy/bililed_sabi.pdf. Consultado el 21 de abril de 2019.

GERTH, H. y WRIGHT, C. (1991): *From Max Weber*, Oxford, Routledge.

GUARGA, R. (2012): "Jornada Técnica: La tecnología SIS aplicada al control y prevención del riesgo de heladas en Uruguay", *INIA Las Brujas*. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3740/1/SIS41031163325667.pdf>. Consultado el 21 de abril de 2019.

HOARE, C. (1981): "The 1980 ACM Turing Award Lecture: The Emperor Old Clothes", *Communications of the ACM*, vol. 24, n° 2, pp. 75-83.

KAMP, L. (2010): "The Development of Wind Power in the Netherlands and Denmark", en P. Strachan, D. Toke y D. Lal (eds.): *Wind Power and Power Politics. International Perspectives*, Nueva York, Palgrave, pp. 183-202.

LUNDVALL, B. Å. (1985): "Product Innovation and User-Producer Interaction", *Industrial Development Research Series*, n° 31, Aalborg University Press.

147

MISA, T. (1994): "Retrieving Sociotechnical Change from Technological Determinism", en M. R. Smith y L. Marx (eds.): *Does Technology Drive History? The dilemma of technological determinism*, Nueva York, The MIT Press, pp. 115-142.

MISA, T. (2011): *Leonardo to the Internet. Technology and Culture From The Renaissance To The Present*, Baltimore, The John Hopkins University Press.

NOBLE, D. (1979): "Social choice in machine design: the case of numerically controlled machine tools", in A. Zimbalist (ed.): *Case Studies on the labour process*, Nueva York, Monthly Review Press, pp. 18-50.

METROPOLIS, N., HOWLETT, J. y ROTA, G. C. (1985): *A History of Computing in the Twentieth Century*, Nueva York, Academic Press.

OBRAS SANITARIAS DEL ESTADO (s/f): "UPA: planta compacta y transportable para la potabilización de agua". Disponible en: http://www.ose.com.uy/descargas/publicaciones/Brochure_upas/upa.pdf. Consultado el 21 de abril de 2019.

OSTROM, E. (1996): "Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development", *World Development*, vol. 24, n° 6, pp. 1073-1087.

PIKETTY, T. (2014): *Capital in the XXI Century*, Cambridge, Harvard University Press.

RHODES, R. (2005): *Dark Sun. The making of the hydrogen bomb*, Nueva York, Simon & Schuster.

ROGERS, E. M. (2003): *Diffusion of Innovations*, Nueva York, Free Press.

SCHOT, J. (2003): “The Contested Rise of a Modernist Technology Politics”, en T. Misa, P. Brey y A. Feenberg (eds.): *Modernity and Technology*, Cambridge, The MIT Press, pp. 257-278.

SCHOT, J. y RIP, A. (1997): “The past and future of constructive technology assessment”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 54, n° 2–3, pp. 251-268.

SCHUMACHER, E. (1984): *Lo pequeño es hermoso*, Madrid, Hermann Blume.

SEN, A. (2000): “Social Exclusion: Concept, Application and Scrutiny”, *Social Development Papers*, n° 1, Asian Development Bank.

TIKU, N. (2018): “The year tech workers realized they were workers”, WIRED. Disponible en: <https://www.wired.com/story/why-hotel-workers-strike-reverberated-through-tech/>. Consultado el 10 de enero de 2019.

148 VON HIPPEL, E. (1998): *The Sources of Innovation*, Nueva York, Oxford University Press.

WEIZENBAUM, J. (1976): *Computer Power and Human Reason. From Judgement to Calculation*, San Francisco, Freeman and Co.

ZUBOFF, S. (2019): *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*, Nueva York, Public Affairs.

Cómo citar este artículo

SUTZ, J. (2019): “Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, vol. 14, n° 41, pp 129-148.

**Ingenierías, sociedades digitales e infoesfera.
Una interpretación de la filosofía y la ética
de la información de Luciano Floridi**

**Engenharias, sociedades digitais e infosfera.
Uma interpretação da filosofia e a ética
da informação de Luciano Floridi**

***Engineering, Digital Societies and Infosphere.
An Interpretation of Luciano Floridi's
Philosophy and Ethics of Information***

Lola S. Almendros y Javier Echeverría *

La incidencia de la informatización en todas las facetas de nuestra vida está redefiniendo la concepción de la realidad, de los humanos y de sus relaciones e (inter)acciones. Esto nos sitúa ante un cambio de paradigma que requiere nuevos enfoques epistémicos y ontológicos, pero también éticos y antropológicos. La ética y la filosofía de la información de Luciano Floridi tratan de explicar los efectos de este giro informacional, donde el papel de las ingenierías es fundamental. La infoesfera es un ecosistema de actuación y relación informacional que desdibuja la diferencia entre lo humano y lo artificial. La capacidad de acción e interacción de máquinas y humanos nos sitúa ante la necesidad de una reflexión donde es indispensable la comprensión de las tecnologías informacionales. Así, la filosofía de la información —como filosofía para, del y en el mundo contemporáneo— debe mantener un diálogo directo con las ingenierías.

Palabras clave: filosofía de la información; ética de la información; ingenierías; infoesfera; sociedad

* *Lola S. Almendros:* Instituto de Filosofía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España. Correo electrónico: lola.s.almendros@gmail.com. *Javier Echeverría:* Jakiunde, Academia de Ciencias, Artes y Letras, San Sebastián, España. Correo electrónico: javier.echeverria.ezponda@gmail.com.

A incidência da informatização em todas as fases de nossas formas de vida está redefinindo a concepção da realidade, dos humanos, e de suas relações e (inter)ações. Isso nos coloca diante de uma mudança de paradigma que exige novas abordagens epistêmicas e ontológicas, mas também éticas e antropológicas. A ética e a filosofia da informação de Luciano Floridi tenta explicar os efeitos desta virada informacional, onde o papel das engenharias é fundamental. A infosfera é um ecossistema de atuação e relação informacional onde a diferença entre o humano e o artificial vai se apagando. A capacidade de ação e interação de máquinas e humanos nos coloca diante da necessidade de uma reflexão onde a compreensão das tecnologias informacionais é essencial. Assim, a filosofia da informação, como filosofia para, do, e no mundo contemporâneo, deve manter um diálogo direto com as engenharias.

Palavras-chave: filosofia da informação; ética da informação; engenharias; infosfera; sociedade

The effect of "informatization" on all facets of our life is redefining the understanding of reality, human beings and their relations and (inter)actions. This paradigm shift requires new epistemic and ontological approaches, but also ethical and anthropological ones. Luciano Floridi's information ethics and philosophy try to explain the effects of this turn towards information, in which engineering fields play a fundamental role. The "infosphere" is an ecosystem of information-based actions and relationships that blurs differences between what is human and what is artificial. The capability for action of and interaction between machines and humans requires a reflection in which the understanding of information technologies is essential. Thus, the philosophy of information —as a philosophy of, for and in the modern world— must maintain a direct dialogue with the engineering fields.

Keywords: philosophy of information; information ethics; engineering; infosphere; society

Introducción

El giro lingüístico dirigió la discusión filosófica del siglo XX hacia lo metalingüístico, adoptando el dogma de la neutralidad de la ciencia y de la tecnología, que estaba basado en la idea de que los artefactos y productos tecnológicos son medios para conseguir fines social e individualmente valiosos. Las dos Guerras Mundiales tuvieron fuertes efectos secundarios, unos más evidentes y explícitos, otros más sutiles. Sobre todo, la segunda supuso un cambio radical en el logos civilizatorio que se ha terminado de consolidar desde la caída del Muro de Berlín. El horror de la guerra terminó de poner punto y final a los grandes relatos (Lyotard, 1987) que servían para construir significado y líneas de fuga, líneas de futuro. Ni la religión ni el Estado podían prometer salvación. La ciencia y la tecnología toman el relevo fusionándose con un liberalismo cada vez más depredador y menos emancipador. Nacen la tecnociencia y la innovación, en aras del progreso, pero terminando con él. Estado y empresa se desdibujan bajo el paraguas de la innovación como justificación del avance necesario que no termina de afianzar progreso en lo social y lo político. El desencanto de la vida pública entra en hibernación, se asume el estancamiento del cambio mientras la confianza transita de los parlamentos podridos de corrupción e inmovilidad al mundo tecnológico-virtual.

Aunque a Lyotard no le falta razón en sus diagnósticos, atendiendo a las conductas sociales no parece cierto que hoy día no creamos en grandes relatos. Otra cosa es que el sentido del logos de estas nuevas narrativas se desbarate con el mínimo parpadeo crítico. La racionalidad científica podía resultar insolente; buscaba la verdad amparada con objetividad y neutralidad. La racionalidad tecnocientífica es más plástica, “marketinesca”. Promete que promete y, obviamente, es útil. La narrativa instrumental a la sombra del derribo del poder político se autojustifica: se asume la relevancia (de la aplicación social) de lo técnico por su utilidad y al mismo tiempo la utilidad se define por el valor de su aplicabilidad. El fundamento último es el progreso. Pero poco tiene que ver el progreso con la innovación. Progreso es control, finalidad. Innovación es incertidumbre, sorpresa. La innovación no puede prometer más que promesa. Esta racionalidad instrumental es el ADN de la cultura ingenieril, asumiendo que los ingenieros producen instrumentos y medios para conseguir fines, de modo que los valores que rigen sus acciones son exclusivamente tecnológicos (utilidad, eficiencia, eficacia, optimización, etc.). Este segundo dogma instrumentalista ha tenido y sigue teniendo un largo recorrido en las escuelas de ingeniería, pese a que los estudios sociales de la ciencia y la tecnología han mostrado mediante múltiples investigaciones, basadas en muchas ocasiones en estudios de caso tan concretos como evidentes, que la tecnología tiene importantes dimensiones éticas, sociales y políticas que deben ser analizadas y tenidas en cuenta desde el inicio de los procesos de formación de los ingenieros.

La cultura (y la tecnología) del siglo XX también estuvo marcada por enfoques metafísicos, de los que Heidegger fue un claro impulsor. Dichas corrientes esencialistas y deterministas han llevado frecuentemente a posturas apocalípticas, con el consiguiente rechazo por parte de las comunidades de ingenieros. Frente a esta metafísica de la tecnología, otros filósofos han promovido el enfoque sistémico, que analiza las actividades ingenieriles como “sistemas de acciones humanas y

sociales” (Quintanilla, 1998), las cuales tienen efectos positivos y negativos en otros tipos de sistemas (industriales, sociales, medioambientales, etc.). Las acciones tecnológicas tienen sus propios valores y objetivos, pero algunas de ellas presentan riesgos importantes, que hay que analizar y tener en cuenta en la formación de los ingenieros.

Sin embargo, la irrupción de las tecnologías digitales en las últimas décadas del siglo XX ha puesto de manifiesto que incluso los enfoques complejos se quedan cortos. Estas tecnologías son el origen del giro informacional, eje central de este artículo, dada su profunda incidencia tecnológica, científica, empresarial, política, militar y medioambiental. Para abordarlo, partiremos del enfoque sistémico, puesto que las tecnologías informacionales y digitales han transformado radicalmente a las propias sociedades, incluidos sus respectivos discursos, imaginarios y prácticas sociales. Piénsese en Internet y en las redes sociales, y más concretamente en el “Internet de las cosas” (*Internet of Things*, IoT). Las tecnologías IoT permiten controlar y manejar sistemas tecnológicos previamente existentes, por ejemplo industriales: bombarderos, misiles, satélites, electrodomésticos, automóviles, instrumentos de observación y medición científica, etc. Son tecnologías que no se refieren a la naturaleza, sino a sistemas tecnológicos previos que operan sobre la naturaleza. En general, las tecnologías IoT operan con otros sistemas, incluidos los diversos sistemas y subsistemas sociales. Dicho brevemente: el giro informacional ha traído consigo una nueva ingeniería, la ingeniería de sistemas, que va más allá de las máquinas y aparatos de la época industrial, precisamente porque opera con máquinas, no sólo con cosas. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) funcionan procesando información sobre otros sistemas, y transformando el funcionamiento y el uso de otros artefactos. En términos más generales: procesan y transforman la información, tanto si procede de la naturaleza como de las personas y los grupos sociales. Por tanto, la formación de los ingenieros ha de tener muy en cuenta la singularidad de estas “nuevas tecnologías de la información”, como antes se las denominaba. El paradigma de la producción industrial partía de realidades sociales y de sistemas tecnológicos que han sido transformados radicalmente por la informatización progresiva de la producción industrial y de la vida social. El imaginario tradicional que desde la ingeniería se ha dirigido al mundo, fundamentalmente desde las lupas de la industria, hoy es cuanto menos miope.

Luciano Floridi ha sido de los pocos filósofos que se han atrevido a dirigir sus reflexiones a estos “temas de nuestro tiempo”. Hace unos años propuso una ética de la información (Floridi, 2013a y 2013b), que más recientemente ha ampliado a una filosofía de la información basada en la noción de “infoesfera”. Conocer y debatir las propuestas de Floridi debería formar parte del currículum formativo de los ingenieros del siglo XXI. Por eso vamos a dedicar este artículo a comentarlas con cierto detalle. El filósofo italiano aporta un nuevo enfoque informacional de la realidad que puede ser muy útil aplicar a la ingeniería. Sin embargo, en cierta medida retorna al dogma clásico de la neutralidad de la ciencia y la tecnología. Su filosofía de la información no presta atención a las dimensiones sociales, políticas ni axiológicas de la infoesfera. A pesar de su origen realista, el concepto floridiano de la infoesfera presenta connotaciones idealistas y trascendentalistas de fuerte inspiración kantiana (en

ocasiones incluso platónicas). En todo caso, además de la precisión y el rigor de Floridi, la actualidad y relevancia de las temáticas y problemáticas que dirigen su pensamiento hace inapelable profundizar en sus propuestas.

Qué pueda llegar a ser la filosofía de la tecnología en el siglo XXI, después del giro informacional, es algo que por ahora no tiene respuesta clara. Los procesos empresariales e ingenieriles de digitalización e informatización del mundo están en pleno auge, sin que por el momento tengan límite. Sin embargo, cabe aportar hipótesis interpretativas relacionadas con estas nuevas ingenierías, que son muy distintas de las de la época industrial, porque inciden de manera directa en las sociedades y las personas, no sólo en la naturaleza. Floridi ha presentado una importante propuesta ontológica, guiada por un imperativo moral: el giro informacional ha cambiado lo que hay, y también lo que somos, lo que hacemos y lo que podremos ser y hacer. La tesis fuerte de Floridi acerca del giro informacional indica un cambio disruptivo, que no afecta sólo a nuestras formas de vida o al modo de entender y conceptualizar la realidad, sino que modifica la realidad misma. Por nuestra parte añadiremos que este giro ha generado nuevos valores en ingeniería, más allá de la utilidad, la eficacia y la eficiencia que eran los valores principales en el tradicional ideario de la ingeniería industrial. La innovación es un ejemplo obvio, con todas los desafíos éticos y filosóficos que a su vez plantea (Echeverría, 2014).

En un mundo donde la información es causa y consecuencia, forma y contenido, resucitan los meta-interrogantes lingüísticos, epistemológicos, ontológicos e ingenieriles, ahora destinados a analizar la información y los mundos digitales que resultan de dichas acciones informacionales, las cuales tienen lugar en un nuevo espacio de interacción, la infoesfera. La progresiva pérdida de sentido de los conceptos e imágenes del mundo previos a la venida de los *millenials* pone de manifiesto un cambio de paradigma que redefine la cultura en general y el quehacer ingenieril en particular y que además tiene un impacto social y medioambiental cada vez mayor. Cuestiones como la validez, la utilidad o la eficiencia han de ser repensadas en relación a esta nueva modalidad de realidad, cuyo estudio requiere también de nuevas herramientas conceptuales y epistemológicas.

153

Si existe la posibilidad de recuperar y adaptar hoy la vieja idea de una filosofía primera, probablemente adoptará la forma de una filosofía no ya de la tecnología, sino de la información, donde la *physis* de los griegos ha sido reemplazada por la infoesfera contemporánea. Floridi ha sido pionero en esta tarea, y también en darse cuenta de sus implicaciones éticas. Nuestro objetivo aquí es abordar sus principales aportaciones, así como sus innovadoras y sugerentes maneras de detectar y abordar las incógnitas de nuestro tiempo.

Para ello, comentaremos en primer lugar su *Philosophy of Information* (PI) y el modelo teórico con que define la realidad. Presentaremos asimismo su crítica a la ontología digital y su idea de un realismo informacional estructural (*Informational Structural Realism*, ISR). También analizaremos si los procesos de re-ontologización y re-significación son un mismo proceso, y si es metafísico y/o epistémico. En segundo lugar, se profundizará en el carácter revolucionario del giro informacional, así

como en sus consecuencias en la concepción de la realidad, de los humanos, y de sus relaciones e interacciones. En el camino se presentará un primer elenco de conceptos innovadores que pretenden afrontar la creciente complejidad del ecosistema informacional. Debido al carácter interconectado de este entorno, la PI como filosofía de la naturaleza de la era de la información incita a desarrollos disruptivos en la comprensión de lo antropológico y lo ético. Por ello, también aludiremos al sentido y a las consecuencias de la subversión de las categorías de sujeto y agencia. Para finalizar, nos dirigiremos a la gran aportación del filósofo italiano al panorama filosófico actual: la ética de la información.

1. De la realidad tecnocientífica a la realidad informacional

La evolución e intersección entre biología, genética, química, ingeniería, computación, ciencias cognitivas, física cuántica, biomedicina y nanotecnología, entre otras disciplinas, dificultan la configuración de concepciones meta-teóricas de la realidad. No es posible conocer todas las teorías e hipótesis que operan en un despliegue del saber (científico y no científico) cada vez más rápido, complejo y considerablemente mercantilizado. En el ámbito filosófico, el giro lingüístico desbarató la longeva discusión entre lenguaje y realidad, dejando sin sentido gran parte de las narrativas metafísicas. Kuhn (2004) puso en duda el realismo desde su nivel más puro y objetivo: el científico. A este giro le siguió el pragmático, donde la realidad ya no sólo es discurso, sino que el discurso es praxis. Las explicaciones e interpretaciones genealógicas y hermenéuticas terminaron de malherir a las normatividades y a los esencialismos, dando rienda suelta a las oleadas de lo “post”. El giro computacional matematizó y digitalizó, generando una realidad donde la información es magnitud y medida, y donde lo real se difumina en lo virtual. Al ofrecer más ventajas a la cuantificación y a la operatividad teórica, la simulación toma un peso significativo (y significador). Así se explica la existencia del bosón de Higgs al tiempo que la aparición de *influencers*.

154

Floridi detecta que el espín se resiste a quedarse quieto. Partiendo del giro informacional intenta construir las bases conceptuales y metodológicas de un nuevo paradigma que hace ya tiempo late en nuestras prácticas cotidianas. La velocidad con que han sobrevenido las mutaciones las hace parecer naturales, obvias, necesarias si cabe. Sin embargo, en las conversaciones sobre el presente son protagonistas cuestiones que no comprendemos. Además, su aceleración provoca que, antes de captarlas, hayan variado. En este contexto irrefrenable es inevitable que se alteren los significados y que aparezcan términos nuevos, incluso para cuestiones que podrían parecer sólidas y evidentes. El bastión conceptual de Floridi se conjuga con métodos de análisis que, aunque son conocidos en otras disciplinas, en el ámbito filosófico causan perplejidad. Las revoluciones nunca fueron sencillas y siempre son disruptivas. El carácter polémico de muchas de las ideas que se van a desarrollar sirve de indicador del interés en seguir esta estela reflexiva. Antes de comenzar el diálogo con Floridi, detallaremos algunas cuestiones que pueden ayudar a situarse en una perspectiva afín con la ruptura y construcción de una imagen del mundo acorde a la era de la información.

Las propuestas de Floridi se enmarcan en lo que él denomina “la cuarta revolución”, y donde “revolución” tiene sentido kuhniano. La PI es una tarea de re-ontologización y re-significación: “[it is a] *philosophy of and (conceptualized) for our time*” (Floridi, 2013b: 331). En la quiebra propia de un cambio de paradigma aparecen nuevas teorías, nuevas entidades y mucho vértigo. Dependiendo de la radicalidad con que se desempeñen tales tareas (si acaso son diferentes la una de la otra), esta filosofía revolucionaria de la información se mantendrá en lo epistémico o se consagrará a lo ontológico. Este tipo de dudas y disputas son sintomáticas de un cambio de paradigma. Si bien es cierto que la falta de familiaridad con los modelos teóricos no tiene por qué conducir necesariamente a la afirmación de (nuevas) ontologías, siempre es más fácil entender un mundo que se comporta de modo extraño como un mundo diferente. Si algo hemos debido aprender tras tantos giros es que el lenguaje es tan plástico como contingente; gracias a ello imprime sentido. Desde una postura epistemológica pragmática es más sencillo aceptar la aplicación de cualquier metodología que sea útil para explicar procesos que en principio se reconocen de naturaleza diferente, sobre todo cuando lo que no está nada claro son las naturalezas. Siempre hay (pre)suposiciones reticentes a asumir los cambios, que sirven de fuerza conservadora y dificultan el avance de la filosofía hacia la interdisciplinariedad que exige la propia incompreensión. Cuando para rechazar los cambios se apela a la imposibilidad de combinar inconmensurables, la revolución va por buen camino. Floridi no sigue la vía pragmático-instrumentalista. Nos sorprenderá con una peculiar revisión del realismo estructuralista.

Utilizando el modelo de *levels of abstraction* (LoA), adopta una metodología de análisis que conjuga muy bien con las características sistémicas del objeto de estudio: el entorno informacional y digital. El valor epistémico de este modelo es formidable, puesto que asume plenamente los métodos teórico-formales de análisis de las ciencias computacionales y la ingeniería de *software*. La aplicación de este modelo también puede resultar propicia para el análisis de lo ético en contextos sistémicos y de agencia (moral) distribuida. Dirigir la atención a determinados niveles con propósitos definidos permite librarnos de problemas tradicionales como el problema mente-cuerpo, las diferencias entre inteligencia artificial y mente humana, agencia humana y no humana, interacción entre objetos y sujetos de diferente naturaleza, etc. Ahora bien, para no caer en problemas de justificación, el modelo LoA no debe comprenderse como estructura de la realidad sino como manera epistémicamente ventajosa de comprenderla. No tiene por qué haber relación de correspondencia o adecuación entre la teoría, la metodología y lo real. El objetivo que subyace entre estas herramientas es la génesis de una epistemología basada en la teoría de la información. A veces Floridi deja en el aire si existe una realidad al margen de los modelos teóricos, si teoría y realidad se co-constituyen, o si no hay realidad sin teoría. Estos ecos parecen dirigirnos sorprendentemente a Kant. La información es estructura y método, significado y referente, y su sentido siempre depende del LoA. Su formulación acerca de la verdad se distancia de la consideración pragmática que parece más acorde a una visión anti-metafísica.

De Popper a Putman o Burge el realismo varía. La versión más radical es el realismo metafísico, pues defiende la existencia de una conceptualización completa y correcta de la realidad. Los realistas ontológicos, más humildes, afirman la existencia

de un mundo independientemente de la percepción y conceptualización del mismo. La variante epistemológica supone que podemos tener conocimiento (más o menos verdadero) de dicha realidad. Para entender a Floridi tomaremos como referente del realismo estructural a John Worrall (1989), quien —tratando de eludir las críticas de Larry Laudan (1981) al realismo— entiende las teorías científicas como sólo aproximadamente verdaderas. Serían las estructuras (matemáticas) que representan la realidad las que sí son verdaderas o falsas. Por otro lado, afirma que las entidades teóricas refieren empíricamente. Esto supone que las estructuras matemáticas de una teoría reflejan globalmente la realidad sin que cada uno de sus componentes refiera por ello a un elemento separado de esta. No hay, por tanto, necesidad de correspondencia entre los términos teóricos y las entidades reales.

La PI tiene como tarea la re-ontologización y re-significación de la realidad como consecuencia del giro informacional que ha tenido lugar en (y entre) los objetos y artefactos, en nuestras prácticas e interrelaciones. Atendiendo a las características del realismo estructuralista, dichas tareas no deben entenderse como metafísicas, sino más bien como ontológicas y, fundamentalmente, epistemológicas: re-ontologizar es re-significar. Los LoA son útiles porque comparten la complejidad y el dinamismo de los objetos de estudio a los que se aplica (existan o no estos al margen de la propia teoría). Primar la importancia y validez epistémica antes que la ontológica conlleva mayor velocidad de avance, lo que ayuda a seguir la aceleración de los cambios de nuestro tiempo.

156

Del ámbito de la biología, las ciencias cognitivas, las ciencias computacionales e informacionales y las matemáticas toma (y deriva) nociones relevantes que ayudan a generar *puzzles* metafóricos que encajan en el mundo de la información. Todo este abanico de conceptos ejemplifica la idea que tiene Floridi acerca de qué es la filosofía: “[it] is not a conceptual aspirin, a super-science, or the manicure of language, but conceptual engineering, that is, the art of identifying conceptual problems and of designing, proposing, and evaluating explanatory solutions” (Floridi, 2011b: 11). “*Informational and computational concepts, methods, techniques, and theories had become powerful tools and metaphors acting as ‘hermeneutic devices’ through which to interpret the world*” (Floridi, 2011b: 6).

La información es un “laberinto conceptual” (Floridi, 2010c: 19) del que no se puede escapar. Allá donde estemos, vayamos, pensemos, queramos, actuemos, está la información. Es la estructura de nuestro mundo y de las interacciones con y en él. Las TICs han sido fundamentales en esta transformación, cuya radicalidad lleva a Floridi a afirmar que la PI “*might be considered a new kind of first philosophy*” (2011b: 1). La información tiene características cuantitativas y, además, es cuantificable. Esto se ha averiguado, desarrollado y aprovechado desde diferentes ámbitos (científico-técnicos, económicos, sociales, etc.), dando lugar a un ecosistema informacional en el que no sólo actúan y deciden humanos, y donde los ingenieros tienen un papel extremadamente relevante. Por ello cabe comprender el giro computacional como precursor del informacional.

La concepción de la información como magnitud física permite pensar y operar con ella de manera técnica. La *Mathematical Theory of Communication* (Shannon y

Weaver, 1971) fue el punto de partida para que la información sin sentido estructurase nuestro mundo. Entender la cuarta revolución tecnocientífica (la informacional) implica entender la información (Floridi, 2011b: 30) como realidad (*physic-environmental information*), para la realidad (*instructional, algorithms, etc.*) y acerca de la realidad (*semantic information*). Pero la información también es sistema, es proceso y es *dinamis*. Como realidad, la información no es verdadera ni falsa. Sólo la información semántica implica el valor de verdad. Estas distinciones convergen con las propuestas de Worrall (1989).

El mundo mismo y la amalgama de instancias que, desde los humanos a “la nube”, constituyen lo social, lo político, lo económico o lo moral pueden considerarse en términos informacionales. De estas premisas se sigue que la información es ecosistema en sentido práctico y epistémico (y por ello quizá ontológico). Las andaduras intelectuales de Floridi tienen como objetivo la configuración de un marco conceptual que explique por qué y cómo estamos inmersos (a la par que formando parte) y relacionándonos informacionalmente en la infoesfera. Para ser más claros: en simbiosis en y con la infoesfera. Este concepto, por tanto, denota (al tiempo que re-define) el ecosistema físico, las interacciones, decisiones y prácticas, así como las posibilidades de entender nuestro mundo, nuestro tiempo y a nosotros mismos. Estas son las razones por las que la filosofía de la tecnología deviene PI, “*concerned with the critical investigation of the conceptual nature and basic principles of information, including its dynamics, utilization and sciences, and with the elaboration and application of information-theoretic and computational methodologies to philosophical problems*” (Floridi, 2012: 3541).

157

Los desafíos, problemas y modos de operar en este entorno dependen de prácticas y decisiones. El desarrollo de negocios en torno a la información, de los monopolios de los proveedores de servicios online, de la computación en nube o de la Web 2.0 son cuestiones sobre las que reflexionar para tratar de configurar la mejor de las infoesferas posibles. Pero antes de emprender dicha tarea conviene indicar que tanto los sujetos de conocimiento, como los agentes práctico-morales, ya no son (sólo) humanos. Las metáforas computacionales y cibernéticas se han quedado cortas: los humanos no son *ciborgs*, sino “*inforgs*” en simbiosis con el entorno informacional, pero también información en sí. La PI es, por tanto, no sólo filosofía de la naturaleza, también una antropología. Sin olvidar que todo ello revierte en una nueva categorización ético-moral. La relevancia de estas propuestas, sean acertadas o no, es indudable a la hora de reflexionar sobre el mundo y los modos de transformarlo: sobre la ingeniería y sus prácticas.

La actividad ingenieril suele caracterizarse en términos prácticos, en primer lugar, por la aplicación del conocimiento tecnocientífico, y en segundo lugar por la invención, el desarrollo y la innovación en técnicas y herramientas para el aprovechamiento de recursos y la resolución de problemas. Como hemos visto, la cuarta revolución industrial propiciada por el giro informacional está cambiando, si no la realidad misma, sí los modos de comprenderla, conceptualizarla y sobre todo de actuar con y en ella. En este sentido, el giro informacional presenta un carácter profundamente práctico que interpela a la ingeniería como actividad y práctica epistémica. La incidencia de la transformación que este giro ha tenido a nivel social,

cultural, económico, político e incluso (inter)subjetivo nos sitúa en una forma de vida radicalmente distinta, en la que la proyección de futuros está definida en términos de innovación y colmada, por tanto, de incertidumbre. El papel de los ingenieros en general y de los ingenieros de *software* y telecomunicaciones en particular en el cincelaje del presente ha adquirido una relevancia fundamental que marca el ritmo acelerado hacia el futuro. La idea de innovación y la incertidumbre asociada permuta el ideario de progreso moderno-ilustrado, basado en el control y la predicción, en el cambio deseado y planeado. Este ideario justificaba la fusión de la ciencia y la tecnología en términos político-sociales. El cambio hacia el paradigma tecnocientífico aumentó los *stakeholders* del proceso de producción del conocimiento, haciendo de éste también una cuestión mucho más compleja. La justificación de la fusión entre ciencia y tecnología que define la actividad ingenieril, en el contexto tecnocientífico de la innovación y sobre todo tras el giro informacional, no reside en lo político-social, sino en lo empresarial. Ahora bien, ello no quiere decir que se haya disociado de lo social. El ideario de progreso social sigue anclado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero las riendas no son políticas. El poder de transformación que tienen las actividades ingenieriles está circunscrito por el marco de la innovación de las empresas tecnocientíficas, sobre todo el de aquellas que inciden radicalmente en nuestra forma de vida, desde los modos de consumo, como es Amazon, a las relaciones sociales, como es Facebook.

Recuperar el sentido sociopolítico del avance, recuperar, en definitiva, el sentido del progreso pasa por la formación de ingenieros no sólo conscientes de estos cambios, sino de su importante papel en ellos.

158

2. ¿Una nueva realidad o sólo un nuevo modo de entenderla?

Floridi apuesta por un cambio radical en los objetivos, medios, fines y desempeño de la tarea filosófica. La reflexión crítica dirigida a las problemáticas de nuestro tiempo transforma la filosofía en filosofía de la tecnología, y muy especialmente en filosofía de la información. El filósofo italiano caracteriza este viraje como un doble proceso que afecta a la realidad y al modo de comprenderla. En este sentido, la filosofía de la información implica una doble tarea: de re-ontologización y de re-significación. Floridi define el primero como “[a] *very radical form of reengineering. One that not only designs, constructs, or structures a system (e.g., a company, a machine, or some artefact) anew, but that fundamentally transforms its intrinsic nature*” (2007: 60). En este proceso las TIC tienen un especial protagonismo. No son meras herramientas que mejoran o agilizan las relaciones entre la realidad y los diferentes agentes que operan en ella. “[*They*] *are reontologizing the very nature of (and hence what we mean by) the infosphere, and here lies the source of some of the most profound transformation and challenging problems that our information societies will experience in the close future, as far as technology is concerned*” (2007: 60). Sin embargo, la argumentación del filósofo italiano deja de repente de ser realista y se torna kantiana. Su ontología se solapa con la afirmación de que la percepción está necesariamente mediada por conceptos, lo que despierta dudas acerca de qué es ontología y qué es epistemología, y en qué sentido habrían de comprenderse y distinguirse.

Al relacionar TIC y re-ontología aparecen cuestiones problemáticas que son importantes no sólo desde una perspectiva filosófica o política. Por sus características prácticas, interpelan directamente a los ingenieros. La primera de las problemáticas reside en el uso del prefijo “re”, pues indica la existencia previa de una ontología que se ve alterada. Floridi parecería entonces ser un realista informacional, hipótesis que pondremos en cuestión. En segundo lugar, conviene dilucidar si es la omnipresencia de las TIC en todas nuestras prácticas lo que modifica el sentido de la realidad o si es porque las TIC modifican la realidad que se transforman nuestras prácticas. Esto es, ¿las TIC son causa, consecuencia o ambas cosas? Estas preguntas se relacionan con la idea del lenguaje como práctica, lo que no debe dejarse de lado al pensar en el otro proceso: el de re-significación. Si es la realidad misma la que cambia y obliga a la transformación de las prácticas, el carácter (si no metafísico, al menos) ontológico del proceso es indudable, pues parte de la premisa de la existencia de una naturaleza de lo real que se ve alterada. Si son las prácticas las que permutan y estas se entienden como constitutivas (más bien constructivas) de lo real, entonces podemos mantenernos en lo epistémico, donde nosotros reconocemos la importancia, relevancia y responsabilidad de la figura del ingeniero. La circunscripción a lo epistémico, además de evitar la aparición de inconvenientes al pensar en el proceso de re-significación o re-conceptualización, supone la afirmación del poder de transformación. Al asumir la tesis fuerte, ontológica, la caída en un determinismo tecnológico sería inevitable. Por ello, apostamos por una comprensión del proceso de re-ontologización como un proceso epistémico asociado a prácticas, donde se incluyen los lenguajes y, por tanto, no sólo todo modelo teórico, sino también a aquellos que “los realizan”: los ingenieros. En este sentido, en términos filosóficos, convendría tomar una postura epistémica instrumentalista o al menos pragmática.

159

No hay duda en que las TIC obligan a cambiar significados, pues transforman las prácticas, con independencia de que ello suponga la modificación de la realidad en sí (si es que existe algo así y los mundos digitales son reales). Considerar esto problemático es síntoma de no desprenderse de una exigencia metafísica (esencialista o nouménica) que no termina de aprehender el giro pragmático-informacional.

3. ¿Qué es la infoesfera?

Como hemos visto, una de las razones para distinguir el giro computacional del informacional es cómo se concibe la información. En el primero es una cuestión fisicomatemática, fundamentalmente técnica. En el segundo, en cambio, es algo transversal y constitutivo: es el andamiaje estructural y relacional del sistema informacional que es la infoesfera. Comprender esta distinción exige un análisis del ecosistema informacional donde el diálogo con los ingenieros es imprescindible. La comprensión social, política y axiológica de nuestra nueva forma de vida necesita profundizar en su estructura y relaciones técnicas. Pero también a la inversa, la construcción, el desarrollo y el mantenimiento de la infoesfera, por parte fundamentalmente de las diversas disciplinas ingenieriles, debe considerar las características y los efectos sociales, políticos, económicos, culturales y axiológicos de tales desempeños.

El desarrollo y la operatividad extensiva de las TIC ha supuesto la superación del modelo computacional. La información ya no es una magnitud, no es algo estanco y susceptible de operatividad técnica, es estructura y significado. Entre sus efectos cabe destacar el fin de la distinción entre lo real y lo virtual, y la tendencia a la indeterminación de lo humano, lo artificial y lo natural. Otra de las características del sistema TIC híper-conexionado es la abundancia de información, que en los últimos años viene adoptando cartografías nada neutrales. Esta circunstancia, definida por Floridi como “híperhistoria”, depende considerablemente del análisis del *big data*, donde los problemas no son escalares ni epistémicos: “*The real epistemological problem with big data is small patterns*” (Floridi, 2014: 16). Es más, para el filósofo italiano es una cuestión ética relacionada con los agentes que causan (con provecho de las consecuencias) valor añadido a los datos, esto es: Amazon, Facebook, Google y PayPal, entre otros.

Del crecimiento exponencial de la conectividad también se sigue un cambio en las relaciones de los humanos consigo mismos, con otros humanos y con su entorno. Además, los límites entre estas instancias se vuelven fluidos. La información se está convirtiendo en nuestro principal ecosistema, cuya lógica presenta al menos cuatro elementos clave: globalidad, sincronización, correlación y deslocalización. Estas *hyperhistorical conditions* (Floridi, 2014) actúan como mecanismos simbióticos. Es fácil reconocer que los conceptos básicos de la ontología tradicional (la *physis* como movimiento, espacio y tiempo) han sido desencajados. También es evidente que esta modificación toma metáforas biológicas y cibernéticas que naturalizan el conexionismo. La ecología es un marco teórico adecuado para explicar qué es la infoesfera. Resumidamente podemos decir que la información es estructura en sentido ontológico porque lo es en un sentido ecosistémico.

160

La infoesfera “*is not 'a virtual environment' supported by a genuinely 'material' world behind*” (Floridi, 2010a: 9). No es material porque es información. La ontología de Floridi es desfisicalista. Su realismo estructuralista no es materialista. La infoesfera no es el ciberespacio, tampoco es el *software* soportado en *hardware* o en servidores cuando se elige la “variante *cloud*”. Incluye lo analógico y lo *offline* en tanto que hábitats de información. Los procesos que han dado lugar al ecosistema informacional pueden explicarse como una transición de lo analógico a lo digital, y una transición de lo *offline* a lo *online* que deviene a su vez en una metamorfosis que da paso a la existencia *onlife*. Las ideas de entorno y ecosistema sirven así para entender los resultados de estos procesos como relación entre partes de un sistema que se vuelven así indiferenciadas. De ello la progresiva obsolescencia de la demarcación entre lo *online* y lo *offline* en favor de lo *onlife*. Por otro lado, estas ideas reafirman que no estamos ante una adaptación sino una transformación. La infoesfera es “*the whole international environment constituted by all informational entities (thus including informational agents as well), their properties, interactions, processes, and mutual relations*” (Floridi, 2007: 59).

Una de las imágenes del mundo propias del giro digito-computacional que precede al informacional es la denominada “ontología digital”. En *Against Digital Ontology*, Floridi explica las diferencias en relación a la ontología informacional y presenta su *Informational structural realism* (ISR). Para los defensores de la ontología digital, la

naturaleza última de la realidad es digital. El universo es, por tanto, un sistema computacional, una suerte de súper Máquina de Turing. En cambio, el filósofo italiano no confía en la distinción tajante entre lo digital y lo analógico: lo digital es información, pero la información puede no ser digital. Y su argumentación contra la ontología digital se basa precisamente en la inconsistencia de esta distinción. Para demostrarla se sirve del modelo LoA, lo que le conduce a una conclusión muy kantiana: *“Digital vs. Analogue is a Boolean dichotomy typical of our computational paradigm, but digital and analogue are only “modes of presentation” of Being (...) ways in which reality is experienced or conceptualised by an epistemic agent at a given level of abstraction”* (Floridi, 2009a: 151). Más claramente: *“The argument against digital ontology appears to depend on the claim that each LoA has equal right to tell us whether the ultimate nature of reality is analogue or digital (each LoA is equally valid)”* (Floridi, 2009a: 173).

La ontología informacional sostiene que la naturaleza última de la realidad es estructuralmente informacional. El carácter realista del ISR supone la afirmación de la existencia de la realidad al margen de quién (o qué) la piense, pero no de los modelos teóricos: *“[it] is committed to the existence of a mind-independent reality addressed by, and constraining, our knowledge”* (Floridi, 2009a: 176). Y continúa: *“it supports the adoption of LoAs that carry a minimal ontological commitment in favour of the structural properties of reality and reflective, equally minimal, ontological commitment in favour of structural objects”* (Floridi, 2009a: 176). La tesis es confusa, pues parece que el ISR es un modelo epistemológico basado en la aplicación de la metodología LoA, lo que revelaría un realismo epistemológico. De hecho, es lo que parece seguirse de la crítica de Floridi a la ontología digital cuando afirma que lo digital y analógico se definen dentro de un LoA, y que no existirían, por tanto, al margen de la teoría. No habría así una visión de la realidad ajena o libre de nivel de abstracción, esto es, de la metodología empleada para comprenderla.

161

Por otro lado, el ISR *“supports an informational interpretation of these structural objects”* (Floridi, 2009a: 176). Lo que implica no sólo la necesidad de la existencia de las estructuras informacionales sino la necesidad lógica de su existencia previa a la teoría. Pero aún hay otra vuelta de tuerca, pues Floridi indica que esto está justificado por razones epistemológicas. La conclusión más factible a la que podemos llegar es que esto se sostiene porque la unidad que estructura la realidad no es material ni sustancial en sentido alguno. Son datos, esto es, algo que (no) es. La ontología de Floridi sería así una suerte de post-ontología. De hecho, en su reflexión sobre la ontología digital aparece un argumento interesante estrechamente relacionado con esta cuestión: una cosa es que el mundo sea digital-computacional y otra que pueda entenderse desde un modelo digital-computacional. Se contraponen así la posibilidad y validez epistémica de dicho modelo a la equivalencia ontológica de tales tesis. La primera es una cuestión metafísica relativa a un uso atributivo de los conceptos y los modelos teóricos. La segunda, por el contrario, es una cuestión matemático-empírica relativa a un uso predicativo de los conceptos y los modelos teóricos. Si aplicamos este razonamiento al pensamiento de Floridi, podemos concluir que sus hipótesis tienen un sentido fundamentalmente epistémico, sólo que para él lo epistémico tiene el peso empírico propio de una visión realista del conocimiento. Creemos así, que el problema de su ontología se puede situar (y resolver) dentro de lo epistémico.

4. Inforgs *onlife*

Toda ruptura de paradigma resulta revolucionaria sobre todo por dos cuestiones. En primer lugar, el cambio radical de las imágenes del mundo. En segundo lugar, por la modificación de lo que significa ser humano. Entender y operar en la realidad informacional requiere, por tanto, atender a los efectos sobre el ser humano mismo. Floridi (2012) detecta tres revoluciones previas a la del giro informacional y las caracteriza como cambios que tienen lugar *extrovertly* e *introvertly*: suponen la transformación de la *Weltanschauung*, pero también se refieren a la idea que tiene el ser humano de sí mismo. En la primera de estas revoluciones, Copérnico puso la tierra en órbita y al ser humano lejos del centro del universo. Darwin cortó el cordón umbilical con dios en la segunda de las revoluciones, situándonos, de la mano del azar, en medio de un proceso evolutivo que nos anclaba a la naturaleza. Freud fue el protagonista de la tercera, pues acabó con la última ilusión que quedaba: ni siquiera somos transparentes a nosotros mismos. La cuarta revolución, dice Floridi, se la debemos a Turing, y se explica también en este doble sentido: “[it is a] process of dislocation and reassessment of humanity’s fundamental nature and role in the universe” (2012: 3540). Ese universo es la infoesfera. La naturaleza y rol de estos humanos dislocados es el de los inforgs. No son ciborgs, no son transhumanos, tampoco son perfiles, avatares o huellas digitales. Los inforgs son “*informational organisms [...], mutually connected and embedded in an informational environment (infosphere), which we share with other informational agents, both natural and artificial, that also process information logically and autonomously*” (Floridi, 2014: 94).

162

Inforg denota “[the] emergence of artificial and hybrid (multi)agents, that is partly artificial and partly human” (Floridi, 2007: 62). No en un sentido protésico o híbrido, sino en un sentido natural, el mismo por el que el agua del mar es húmeda y salada. Estos entes son sistemas integrados existencial, práctica y vitalmente en un ecosistema: la infoesfera. La filosofía de la información deriva así en una antropología peculiar, pues redefine las ideas de sujeto y agencia separándolas de lo humano. Así, para Floridi, el marco categorial y de comprensión de las acciones e interacciones, de las subjetividades y entidades es el *Multy Agency System* (MAS). Los inforgs son y actúan distribuidos.

Las TIC son el elemento clave en la compartición, distribución e incluso delegación de tareas y facultades con artefactos, con los que se establece así una relación simbiótica. Las agendas analógicas, los *pendrives* o las fotos en Instagram no implican un mero *embodiment*; tampoco estamos ante la demostración de la hipótesis de la “mente extendida” (Clark y Chalmers, 2010). El proceso es mucho más disruptivo y supone una nueva forma de vida donde lo *online* y lo *offline* se desdibujan: la *onlife* es la forma de vida de la infoesfera, es el modo de existencia natural de la Generación Z (posteriores a los Millenials). En este sentido, es evidente que de la filosofía de la naturaleza de la infoesfera se sigue no sólo una anti-antropología de los inforgs, sino también la necesidad de desarrollar una ética de la información (IE por sus siglas en inglés) que sirva de guía muy particularmente a los desarrollos ingenieriles que dan lugar a estos artefactos-agentes. La emergencia de los inforgs supone la resignificación de las categorías de sujeto y agencia. La IE será por tanto una ética definida en términos MAS; caracterizada por la distribución de lo

moral, pues la agencia es distribuida por cómo se da y por las características del entorno en que se ejerce. Pero antes de abordar la ética en la infoesfera conviene dedicar un momento a sus sujetos.

La emergencia de los inforgs supone el fin de la idea de sujeto como individuo en favor de una visión sistémica. Arremete también contra la idea de identidad, esencia y unidad que caracterizan la categorización del sujeto en la tradición occidental. El inforg es un sistema autopoiético: un sistema distribuido y dinámico. El entorno configura la identidad. En este sentido, las TIC no son “*technologies of the self*”, sino “*egopoietic technologies*” (Floridi, 2011a: 155). Para explicar cómo se configura la identidad, el filósofo italiano rescata el mito del carro alado de Platón, destacando su trasfondo epistemológico, sociopolítico y ético. La identificación no es una cuestión de esencia que descubrir, tampoco un cúmulo de percepciones o ideas con las que juega la memoria, sino un proceso dinámico. Identificación es re-identificación. No hay *ego-logy* sino *eco-logy*, pues la construcción del inforg tiene lugar *onlife*, esto es, en el ecosistema informacional. El modelo LoA se presenta de nuevo como la metodología adecuada para el estudio del sujeto-agente MAS: “*identity and sameless relations are satisfied according to the LoAs adopted, and these, in turn, depend on the goals being pursued. This is not relativism: given a particular goal, one LoA is better than another, and questions will receive better or worse answers*” (Floridi, 2011a: 554).

Es fácil entrever el gran interrogante: ¿cómo puede ser el sujeto información? Si lo es, ¿cómo se forma la idea de unidad? ¿Cómo (y por qué) se compila con sentido la información constitutiva? Floridi (2011a) enfrenta este tipo de cuestionamientos acerca de cómo funciona el sistema inforg postulando la existencia de tres membranas de naturaleza informacional (corporal, cognitiva y consciente) que explican procesos sistémicos como la autoregulación, la autopoiésis, la evolución, el dinamismo, la distribución o la emergencia. Aunque podría haber adoptado una visión funcionalista para comprender el inforg en tanto que MAS, re-ontologiza el sujeto informatizándolo en estos fragmentos. Lo relevante de las tres membranas no sólo es su semejanza ontológico-informacional; su interrelación también es descrita como procesos homeostáticos informacionales. Tienen así una función ontológica, pues sirven para dar unidad, integridad y delimitar. Su interrelación, sin embargo, se entiende en sentido epistemológico y consiste en posibilitar relaciones homeostáticas en las que fluye y se intercambia información. Se nos presentan entonces dos cuestiones relevantes. Si el realismo de Floridi supone que la estructura de la realidad —la información— no es algo material, ¿cómo se diferencian las membranas? Sólo podría ser por su función. En tal caso, ¿para qué postular una naturaleza compartida si lo relevante es cómo funciona el sistema conjunto? El estructuralismo que afirma semejanza de naturaleza no se ha desprendido del materialismo. La otra cuestión es epistémica y tiene por objeto la membrana consciente. La información de esta membrana es especial, es semántica, dirá Floridi. El inforg es *poieticus* porque construye significado. Por ello, “[*o*]ur normative space is a space of design” (Floridi, 2011b: 12).

La infoesfera también es un ecosistema moral y la IE es una ética para la existencia *onlife*: “*IE defends a much less anthropocentric concept of agents, which also include non-human (artificial) and non-individual (distributed) entities, as well as networked,*

multiagent systems and hybrid agents (e.g. companies and institutions)” (Floridi, 2009b: 650). Este enfoque ético presenta una formulación “*patient-oriented*”, pues “*it is usually assumed that an entity that can act as a moral agent can also qualify as a moral patient but not vice versa*” (Floridi, 2013b: 113). “*All entities are informational entities, some informational entities are agents, some agents are artificial, some artificial agents are moral, and moral artificial agents are accountable but not necessarily responsible*” (Floridi, 2013b: 110). Lo fundamental en la IE no son las intenciones, fines, medios o valores, sino la agencia, el comportamiento, las prácticas e interrelaciones, por lo que el enfoque de Floridi es, además de contextualista, considerablemente consecuencialista. De hecho, el filósofo italiano presenta una lista de componentes que definen en el que tienen los contextos en los que tienen lugar las acciones morales: “*agent, patient, interactions between them, agent’s general frame of information, factual information concerning the situation (part available to the agent), general environment (where agent and patient are located), and specific situation in which interactions occurs*” (Floridi, 2013b: 103). Teniendo en cuenta estos elementos es fácil adivinar que la IE no tiene carácter prescriptivo ni normativo. No establece decálogos, guías deontológicas ni soluciones preprogramadas; más bien ayuda a detectar problemas, pues define dónde buscar en un contexto complejo y dinámico.

En definitiva, al pensar en la infoesfera y la IE hay que tener en cuenta que, además de los problemas y las acciones morales, se redefinen cuestiones relativas a lo moral como la privacidad o la responsabilidad. La complejidad del sistema es resultado de la operatividad distribuida de diferentes agentes y *stakeholders*, entre los que los ingenieros tienen una gran capacidad de actuación, creación y decisión. Dada la complejidad de los contextos donde tienen lugar las acciones, y a la propia redefinición de lo que son la agencia y los agentes, el modelo LoA vuelve a ser la opción que nos presenta Floridi. Así, dependiendo a qué nivel de abstracción atendamos, la IE puede entenderse como *informational ethics*, (*cloud*) *computer ethics* (De Broudeuijn y Floridi, 2017), e incluso como *data ethics* (Floridi y Taddeo, 2016) o *business and engineering ethics* (Floridi, 2009b). La ventaja del enfoque LoA reside en su utilidad para la detección de problemas demarcándolos bien en un determinado nivel de comprensión. Esto, en principio, facilitaría el desarrollo de soluciones.

“*All entities, when interpreted as clusters of information –when our ontology is developed at an informational level of abstraction– have a minimal moral worth qua informational entities and so may deserve to be respected. This is IE’ axiological ecumenism*” (Floridi, 2009b: 102). Las entidades informacionales tienen valor moral intrínseco en sentido kantiano, esto es, en un sentido no instrumental de valor. Los inforgs son agentes y por ello son, además de poéticos, morales. Dicho brevemente, la IE atiende a la capacidad de actuar y generar cambios que tienen los agentes (inforgs) en el ecosistema informacional. Por ello el análisis de las acciones y de su carácter moral se configura en torno a la idea de entropía (Floridi, 2013b: 159). El orden o desorden del ecosistema-infoesfera vendría a ser el indicador del carácter moral de una acción. No es la intención, los fines, los medios, ni la responsabilidad lo que concierne a lo moral, sino las consecuencias de la interacción en el ecosistema.

Conclusión

Aceptemos o no el carácter ontológico, constitutivo y estructural de la información en lo que concierne a la comprensión y creación de una imagen del mundo acorde a nuestro tiempo, es indudable el provecho epistemológico de la idea de ecosistema informacional. La validez pragmática y epistémica de la metodología LoA también resulta fructífera para demarcar instancias y conflictos en una estructura que no se rige según una lógica lineal causal. Ahora bien, por supuesto, siempre es necesaria la revisión constante de los métodos y las hipótesis con que se configura el sentido de lo real. Las características ecosistémicas del mundo y del modo de actuar en él hacen necesario un cambio que no se ciñe a lo epistemológico. Lo ético también se redefine. Lo mismo sucede con lo político. Si bien Floridi ofrece un marco conceptual y un modelo de análisis que pueden ser útiles para su conceptualización, lo axiológico no entra en escena al pensar la topología de la infoesfera. Ello supone la apariencia velada de una neutralidad estructural que implica que en los procesos y dinámicas informacionales hay conflictos dependiendo (sólo) de las actuaciones. El dinamismo se asociaría y restringiría así a la capacidad de agencia, sin considerar las constricciones para su funcionamiento, ejercicio y desarrollo. Además, la estructura del sistema no se libra de privilegios. La distribución de la agencia no supone necesariamente equidad en su ejercicio. Aquí es donde sobreviene lo político. La atención a los procesos informacionales desde una perspectiva que considerase los intereses que también engranan el propio ecosistema arrojaría mayor luz sobre la dinámica de la infoesfera.

La información tiene valor y se valora; por ello la infoesfera no es un ecosistema neutral. Además, valorar la información es un modo de re-significarla, de re-ontologizarla y, cómo no, de producir información. En contrapartida, el poder de re-significar implica el poder de otorgar valor. La información que andamia la infoesfera no es pura: en la infoesfera hay "infodiversidad", que habría de ser considerada una consecuencia de sus dinámicas. La propia PI conlleva una valoración (ontológica y epistemológica) de la infoesfera. Es, así, meta-información.

En definitiva, aunque ya no tenga sentido hablar de metafísica, sí lo tiene hablar de meta-información. La PI inicia esta tarea. Por delante tenemos el desafío de indagar las dinámicas de los procesos donde la meta-información, cargada de valor, nos obliga a re-conceptualizar y re-ontologizar lo político.

Bibliografía

CLARK, A. y CHALMERS, D. J. (2010): *The Extended Mind*, en R. Menary (ed.): *The Extended Mind*, Cambridge, MIT Press, pp. 27-42.

DE BROUDEWIJN, B. y FLORIDI, L. (2017): "The Ethics of Cloud Computing", *Science and Engineering Ethics*, vol. 23, pp. 21-29. DOI: 10.1007/s11948-016-9759-0.

ECHEVERRÍA, J. (2014): *Innovation and Values: A European Perspective*, Reno's Center for Basque Studies, University of Nevada.

FLORIDI, L. (2007). "A Look into the Future Impact of ITC on Our Live", *The Information Society*, vol. 23, n° 1, pp. 59-64. DOI: 10.1080/01972240601059094.

FLORIDI, L. (2009a): "Against Digital Ontology", *Synthese*, vol. 168, pp. 151-178. DOI: 10.1007/s1129-008-9334-6.

FLORIDI, L. (2009b): "Network Ethics: Information and Business Ethics in a Networked Society", *Journal of Business Ethics*, vol. 90, pp. 649-659. DOI: 10.1007/s10551-010-0598-7.

FLORIDI, L. (2010a): "Ethics After the Information Revolution", *The Cambridge Handbook of Information and Computer Ethics*, Nueva York, Cambridge University Press, pp. 3-19.

FLORIDI, L. (2010c): *Information. A Very Short Introduction*, Nueva York, Oxford University Press.

FLORIDI, L. (2010d): "Information Ethics", *The Cambridge Handbook of Information and Computer Ethics*, Nueva York, Cambridge University Press, pp. 77-100.

FLORIDI, L. (2011a): "The Informational Nature of Personal Identity", *Mind & Machines*, vol. 21, pp. 549-566.

FLORIDI, L. (2011b): *The Philosophy of Information*, Nueva York, Oxford University Press.

FLORIDI, L. (2012): "Turing's Three Philosophical Lessons and the Philosophy of Information", *Philosophical Transactions of Royal Society A*, vol. 370, pp. 3536-3542. DOI: 10.1098/rsta.2011.0325.

FLORIDI, L. (2013a): "Distributed Morality in an Information Society", *Science and Engineering Ethics*, vol. 19, pp. 727-743. DOI: 10.1007/s11948-012-9413-4.

FLORIDI, L. (2013b): *The Ethics of Information*, Oxford University Press.

FLORIDI, L. (2014): *The Fourth Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press.

FLORIDI, L. (2015): *The onlife Manifesto. Being Human in a Hyperconnected Era*, Springer Open. DOI: 10.1007/978-3-319-04093-6.

FLORIDI, L. y TADDEO, M. (2016): "What is Data Ethics?", *Philosophical Transactions of Royal Society A*, vol. 374. DOI: 10.1098/rsta.2016.0360.

KUHN, T. (2004): *La estructura de las revoluciones científicas*, Buenos Aires, FCE.

LAUDAN, L. (1981): "A Confutation of Convergent Realism", *Philosophy of Science*, vol. 48, n° 1, pp. 19-49.

LYOTARD, J. F. (1987): *La condición postmoderna*, Madrid, Cátedra.

SHANNON, C. E. y WEAVER, W. (1971): *The Mathematical Theory of Communication*, Champaign, University of Illinois Press.

TADDEO, M. y FLORIDI, L. (2016): "The Debate on the Moral Responsibilities on Online Service Providers", *Science and Engineering Ethics*, vol. 22, pp. 1575-1603. DOI: 10.1007/s11948-015-9734-1.

WORRALL, J. (1989): "Structural Realism: The Best of Both Worlds?", *Dialectica*, vol. 43, n° 1-2, pp. 99-124. DOI: 10.1111/j.1746-8361.1989.tb00933.x

167

Cómo citar este artículo

ALMENDROS, L. S. y ECHEVERRÍA, J. (2019): "Ingenierías, sociedades digitales e infoesfera. Una interpretación de la filosofía y la ética de la información de Luciano Floridi", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 149-167.

Rompendo paradigmas na educação em engenharia
Rompiendo paradigmas en la educación de ingeniería
Breaking Paradigms in Engineering Education

Walter Antonio Bazzo e Luiz Teixeira do Vale Pereira *

Embora compreendamos que a educação para uma civilização comece muito antes da educação em engenharia, não vamos apelar para o caminho fácil de transferir eventuais problemas para as etapas anteriores do processo de educação formal. Na qualidade de professores de engenharia, nós não nos eximimos das responsabilidades mais diretas que nos dizem respeito. Apresentamos neste artigo uma rápida visão crítica do ensino de engenharia no Brasil, com intuito de abrir discussões sobre a sua pertinência no papel formador de cidadania mais esclarecida, notadamente na formação de cidadãos-engenheiros, que detêm a técnica e por isso devem se responsabilizar, especialmente nesse campo de ação humana, mais reflexivamente acerca de suas competências. Para tal, resumimos algumas ações que temos aplicado, ao longo de 40 anos de docência, visando uma formação mais crítica e que possa contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento através da tecnologia a serviço do social.

169

Palavras-chave: educação em engenharia; desenvolvimento tecnológico; paradigmas educacionais da engenharia

* *Walter Antonio Bazzo*: Departamento de Engenharia Mecânica, CTC, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT). Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET). Correio eletrônico: walter.bazzo@ufsc.br. *Luiz Teixeira do Vale Pereira*: Departamento de Engenharia Mecânica, CTC, UFSC. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET). Correio eletrônico: teixeiravp@gmail.com.

Aunque la educación de una civilización comienza mucho antes que la educación en ingeniería, no vamos a apelar al camino fácil de transferir eventuales problemas a las etapas anteriores del proceso de educación formal. En calidad de profesores de ingeniería, no nos eximimos de responsabilidades más directas. En este artículo se presenta una visión crítica de la enseñanza de ingeniería en Brasil, con el propósito de abrir discusiones sobre su pertinencia en el papel formador de una ciudadanía mejor instruida, especialmente en la formación de ciudadanos-ingenieros que tengan conocimientos sobre técnica y por ello se hagan responsables de sus competencias. En esa dirección, resumimos algunas acciones que hemos aplicado, a lo largo de cuarenta años de docencia, en pos de una formación crítica, que contribuya más efectivamente al desarrollo a través de la tecnología y al servicio de lo social.

Palabras clave: educación en ingeniería; desarrollo tecnológico; paradigmas educativos de la ingeniería

Although the education of a civilization begins significantly before engineering education, we will not choose the easy path of transferring possible problems to the earlier stages of the education process. As engineering professors, we do not absolve ourselves of the most direct responsibilities that concern us. In this paper we present a critical viewpoint of engineering education in Brazil, with the aim of opening discussions regarding its relevance to a better educated citizenship, especially in relation to the education of citizen-engineers who know about technology and therefore should be held accountable in their areas of competence. We also summarize some of the actions that we have applied during our forty years of teaching experience, in the pursuit of a more critical education and a more effective contribution to the development of technology in service to the social sphere.

170

Keywords: *engineering education; technological development; engineering educational paradigms*

1. Uma cultura para o desenvolvimento tecno-social

Parece repetitivo, pelo menos para nós autores deste artigo, que trabalhamos há cerca de 40 anos com semelhantes preocupações, mais uma vez estarmos aqui com este assunto. Apenas parece. A pertinência desse tema sobre tecnologia, sociedade e engenharia nas preocupações contemporâneas da OEI nos motivou a voltar ao tema, até porque, em função da trajetória que empreendemos nesse tempo todo, intuímos que apenas um pequeno contingente docente até aqui se sensibilizou para, ao menos, pensar mais a fundo nas questões fulcrais da educação em engenharia.

O mundo segue no seu aparentemente inexorável desenvolvimento tecnológico e cada vez mais envolto nas artimanhas do capitalismo – em outros sistemas, principalmente depois do advento de uma China comunista crivada de costumes capitalistas, não é diferente –, que continua aviltando, mesmo sem perceber, as questões humanas, as individualidades, as culturas não-dominantes. Nossas escolas, para estarem de acordo com o ritmo do sistema, seguem inabaláveis na busca da competitividade sobremaneira calcada na relação custo-benefício, tendo como matriz algo apartado do seu entorno mais imediato. Os conteúdos seguem sendo “repassados” aos nossos estudantes como se fossem ferramentas de treinamento. A reflexão, a criticidade, a análise e outros fatores que se fazem indispensáveis nos dias atuais não ganham espaço nos herméticos currículos que permitem apenas atenção para as inovações tecnológicas.

Para quê, para quem e por quê são perguntas que, parece, permanecem a cargo de outras áreas de conhecimento, que hipoteticamente deteriam por “direito natural” ferramentas apropriadas para destrinchar tais reflexões. Ledo engano.

171

Não existem essas áreas estanques. Estamos todos no mesmo “barco” da área humana. A educação tecnológica, especialmente a em engenharia, está devendo este serviço à sociedade. Não podemos mais fechar os olhos para os problemas multifacetados que nós, através dessa mesma tecnologia, criamos e que se avolumam em termos de contaminação ambiental, aquecimento global, desemprego, desigualdade social... Por isso a volta ao tema. Até porque, pela nossa experiência, podemos afirmar que, desde que preocupações mais consistentes nessa área surgiram, pouco mudou. Em certas situações até se agravou, pela excessiva especialização em busca de desenvolvimento e progresso alucinantes para um poder hegemônico que cada vez se encastela mais na busca de riquezas menos partilhadas com o todo da população.

2. Uma rápida visão crítica da engenharia

Se não por outros motivos, o próprio quadro que enxergamos para a engenharia atual já seria motivo de boa monta para justificar analisá-la mais detidamente. Julgamos ter elementos ao menos intrigantes para acreditar que a engenharia, tal como hoje é praticada, cultua dogmas que a fazem reproduzir subliminarmente seus próprios desacertos, criando obstáculos que se afiguram intransponíveis, se quisermos desmitificá-los usando apenas os próprios “óculos” de engenheiro.

Mais uma vez parece justificado apostar numa interdisciplinarização – que raramente sai dos compêndios da teoria para uma efetiva prática escolar –, pelo menos de alguns de seus elementos, para que se possam construir argumentos que ultrapassem o internalismo radical de que é fiel depositária a profissão e colher elementos indispensáveis para tratar esse processo civilizatório complexo em outras áreas do conhecimento.

A engenharia, como toda profissão madura, tem estatuto próprio, suas próprias regras não escritas, e o seu carro-chefe parece ser uma pretensa independência da sua ação em relação ao social, ao histórico ou ao individual. Há uma espécie de consenso tácito, às vezes apenas subliminarmente operado, de que a sua ação estaria acima das questões mais comezinhas da vida, e que aquilo que os seus profissionais projetam é sem sombra de dúvidas o melhor, posto que desenvolvido sob a égide da força da técnica. Sendo o estado da arte da técnica que detêm em seu poder não a última versão da verdade, mas a própria verdade, enfim encontrada e reproduzida em modelos perfeitos de uma vez para sempre, as suas soluções, se conduzidas pelo bom método, também seriam as melhores para todos.

Este quadro, se de alguma forma confirmado, já mereceria boas reflexões a respeito de suas implicações, sobremaneira quanto aos seus reflexos no ensino. Sendo os cursos de engenharia basicamente conduzidos por engenheiros transformados em professores pela experiência, questões como essa passam a minar sub-repticiamente os atos educacionais desses docentes, sem que grande parte deles tenha alcançado a consciência plena do que reproduzem.

172

Mas não fica por aí. Parece que o paradigma atual da engenharia dá conta bastante bem dos problemas que ele próprio coloca. A engenharia não destoaria da sua matriz, a ciência. Se adotarmos o referencial kuhniano, poderíamos enxergar uma engenharia também extremamente dogmática. E como todo corpo de ideias que se autossustenta ante as diuturnas comprovações engendradas pelos seus próprios seguidores, a engenharia fecha-se cada vez mais sob os seus referenciais, vedando visões alternativas, que passam a ser tratadas como inservíveis e espúrios devaneios. Não haveria, assim, para os engenheiros, múltiplas engenharias, mas apenas uma possível, a deles. Os seus próprios manuais corroboram tal entendimento. Analogamente ao que pontua Kuhn (1992), na engenharia, se há manuais diferentes, é porque expõem assuntos diferentes. Não haveria conflitos filosóficos relevantes na profissão. Quando ultrapassamos os nossos restritos grupos de trabalho, nós engenheiros passamos boa parte do tempo em essência enaltecendo os predicados das nossas áreas, defendendo a sua supremacia diante outras áreas da própria profissão.

Estariamos assim reforçando certo estatuto programático da engenharia, que está aí só para constar, não para ser cumprido, pois a sua função seria basicamente esta. Basta sabermos da sua existência, simular segui-lo minimamente, talvez cobrar dos aspirantes e dos iniciantes uma reprodução cega e apassivada dos seus ditames, e tudo estaria sendo feito a bom termo.

Tudo isso ratifica uma provável visão fantasiosa e profundamente idealizada que nós engenheiros temos da nossa profissão, o que de alguma forma obstaculiza o encontro com o novo, com o social e com o próprio processo civilizatório que passa cada vez por mais interrogações, como por exemplo: onde vamos chegar?

Sendo essa visão refletida diretamente no processo de ensino, a reprodução do modelo se autossustenta, tomando vida própria. E isso nos parece resultar, em grande parte, da postura eminentemente positivista impregnada no seio da engenharia, onde o real, o verdadeiro, é continuamente afirmado como dado concreto (desde que afiançado pela ciência), ao mesmo tempo em que toda metafísica é até pejorativamente nominada como especulação inútil. De alguma forma isso induz a se eleger a obediência como o atributo mais valorizado do aluno. Neste quadro, nega-se às ideias o *status* de verdade, reservando-se o real unicamente à experiência, ao mundo do fenômeno. Em aditamento ainda a esta visão, as ideias são aceitas como instrumentos para direcionar a experiência, sempre trunfo de um pequeno número de pessoas, que deverão constituir a elite preparada cuidadosamente para tal tarefa e que definirá o que os demais deverão fazer.

A se confirmar esse quadro, algumas questões podem ser colocadas. Por exemplo, como se dá o processo de ensino, como pensam os professores que se dá o encontro de seus alunos com o novo? Qual será o processo civilizatório que determinará o futuro da humanidade? Que papel estaria reservado à relação professor-aluno neste contexto? (Bazzo, 2016a).

173

3. Da educação em engenharia

Até a poucas décadas atrás talvez não fosse tão difícil praticar a engenharia, e o seu ensino. No século passado bastava dominar uns poucos manuais e se estava apto a trabalhar as questões técnicas com propriedade. Por força da inércia que parece ser natural nas evoluções humanas, a julgar por análises, mesmo que superficiais, dos registros históricos disponíveis, até há bem pouco tempo esse quadro não parecia ser muito diferente. Embora discutível e passível de boas reflexões, tais interpretações podem resultar da constatação de que, em vista da quantidade, da facilidade de divulgação e do grau de complexidade das inter-relações entre os conhecimentos hoje disponíveis, impõe-se agora o uso de formas radicalmente diferentes de se encarar as construções mentais. Se o antigo modelo de ensino em engenharia, que privilegiava o “repassé” de conhecimentos, a repetição de experiências dos mestres e, de forma geral, a ritmalização cadenciada de rituais sacramentados por experiências passadas for mantido, pouco há por fazer, além de aguardar a falência da profissão, subjugada ante o avanço da inteligência artificial.

Talvez se devesse ver aí uma anomalia apresentando os seus contornos no horizonte, que não encontraria amparo no antigo modo de ver as coisas. Participar da construção de um novo paradigma que consiga dar conta de enfrentar essa anomalia, que já incomoda um número significativo de professores de engenharia, já nos parece ser motivo de sobra para analisar criticamente a profissão.

Para isso, imaginamos que seja preciso procurar entender a engenharia analisando os nossos próprios manuais, mas não apenas isso. Para que se possa entendê-la mais profundamente, imaginamos ser mister pensá-la para além desses manuais, recorrendo a reflexões filosóficas, buscando quem sabe uma teoria de construção do pensamento da área tecnológica (Bazzo, Pereira e Bazzo, 2016). Entender a questão da linguagem técnica, por exemplo, pode ajudar a entender um pouco da profissão e, principalmente, alguns dos obstáculos que se interpõem entre os indivíduos e os objetos de seu conhecimento. Como o aluno articula o confronto da sua linguagem, herança do senso comum, com a da comunidade a qual aspira? Que reflexos têm na aprendizagem dos novos conceitos as suas definições e conceituações de plantão? (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2016).

Parece estar em vigência no ensino da engenharia uma ingênua visão da aprendizagem pela simples acumulação de conhecimentos, alcançada pela múltipla repetição das experiências dos mestres, como uma bola de neve que, ao rolar, agregaria matéria a cada volta. A se confirmar este panorama, qual modelo alternativo poderia substituir com eficiência este ver atual? Parece que o ensino de engenharia, tal como hoje se apresenta, é um ato disciplinar puramente descritivo, onde tudo são certezas; não se trabalha o conhecimento como provisório, salvo em raras ocasiões, assim mesmo por iniciativa individual e solitária de docentes, sem a anuência de um, digamos, espírito hegemônico.

Os impasses em engenharia são entendidos como problemas dos indivíduos, nunca como relacionados com o paradigma do grupo. Nós professores da engenharia não dizemos aos nossos alunos: vocês estão aqui para aprender a ver a engenharia e o mundo como nós vemos. Por sua vez, muitos alunos passam pelo curso sem se sentirem parte da comunidade; estão ali como que para acumular créditos para, depois de colecionar um certo montante deles, trocar no guichê da escola por um passaporte para a ascensão social. Até que ponto cabe culpa aos professores, à sociedade, ao sistema de ensino e ao próprio aluno nesta situação?

Se no Brasil, comenta-se, somos todos treinadores de futebol, na engenharia somos todos entendidos em currículo. Todos nós temos a nossa própria visão de currículo – quase sempre apenas uma lista de disciplinas –, e estamos sempre dispostos a desfilá-la a qualquer momento com extrema convicção e desenvoltura. Estranho é que em nossa área específica de trabalho praticamente não admitimos opinião alheia, só argumentos de autoridade, ainda assim, apenas se legitimados pela titulação acadêmica. Essa característica, parece, é reflexo da superlativa valorização da técnica, que espelhará a verdade última, e que quando transposta para o ensino transmite a profunda convicção de que há uma forma ótima única para a resolução dos problemas, a *one best way* do taylorismo. Essa questão por certo deve turvar as possibilidades de um ensino transformador em engenharia. Estabelece-se uma certa dança dos currículos, que sempre sofrem alterações em função de opiniões de professores e também dos novos estudos técnicos realizados por eles. Os cursos acabam se transformando, em muitas ocasiões, em válvulas de escape para premiar docentes que se especializaram em alguma área e que, em função de seu sucesso, são aquinhoados com disciplinas específicas compatíveis com as suas novas formações.

4. Qualidade da educação

Uma reestruturação no ensino de engenharia é premente, pelo fato de ele se encontrar distanciado dos reais problemas da nação, sendo basicamente preocupado com lógicas de outras culturas e regiões do mundo. Isso faz dele um método prescritivo em todas as suas instâncias – destituído de qualquer análise fundamentada nos pensadores da tecnociência – diminuindo enormemente o caráter criativo do enfrentamento dos problemas relacionados às verdadeiras questões, nacionais ou internacionais. Tudo isso acontece, talvez, em função do completo desconhecimento da questão epistemológica no campo do ensino de engenharia (Bazzo, 2017). Este é um dos vazios que estamos a denunciar há décadas.

Porém, além do “denuncismo”, temos tomado várias atitudes concretas e, dentre elas, se destaca a implantação e manutenção do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica – NEPET – www.nepet.ufsc.br, que vem proporcionando uma série de debates, reflexões e produção de material didático neste direcionamento.

Apesar da identificação do problema crucial que se estende hoje pela qualidade do ensino de engenharia, o ataque efetivo a esta problemática não pode ser produzido de forma amadora, apesar de que muitas vezes isso contribui pelo menos para identificar o problema. É preciso uma rigorosa formação no campo pedagógico e epistemológico, para que as análises sejam feitas de forma consistente e eficaz.

Enfocando o problema do ensino de engenharia desde sua origem, cumpre resgatar a questão do grau de comprometimento do sistema de ensino brasileiro com o atual estágio de desenvolvimento nacional. É inquestionável a relação unívoca que se estabelece entre estes dois fatores; aliás, trata-se de uma relação de causa e efeito.

175

Embora a reversão deste quadro não seja possível a curto prazo – dadas as suas características –, não se pode postergar indefinidamente a sua solução. É preciso um ponto inicial, passando-se definitivamente do discurso à ação.

O processo educacional de um país – uma parte de um todo mais amplo, de abrangência política, econômica e social – é iniciado no ambiente familiar, tendo continuidade na escolarização formal da criança, do adolescente e do adulto. Isso forma uma corrente onde todos os elos assumem responsabilidade vital para o conjunto. Se por um lado a abordagem de todo o processo é complexa e difícil, por outro deve-se considerar que não existe apenas uma definição para o problema; ou seja, ele não tem como início obrigatoriamente a criança no lar. Dilatando-se assim a definição do problema – na verdade ampliando o horizonte de definições – amplia-se também o universo de possíveis soluções.

O julgamento conformista de que as deficiências do recém-ingresso na universidade são decorrências do ensino secundário tem barrado tentativas de se estabelecer um ensino profícuo, e só contribui para a sedimentação da ideia de que o problema constitui um ciclo vicioso de solução quase impossível. Isso conduz ao imediatismo de se responder, por exemplo, às questões técnicas com currículos que invertem a ordem das coisas, dando mais ênfase à informação que à formação.

Indo mais a fundo na afirmação – supondo que ela seja verdadeira –, de que as deficiências do recém-ingresso na universidade são decorrência de um segundo grau deficiente em formação, fica ainda mais reforçada a tese de que é urgentemente necessária uma reformulação no conteúdo e na forma – em termos de ensino de ciência e de tecnologia – enfocados nos cursos universitários. São esses ensinamentos que alimentarão os cursos de segundo grau, independentemente se direcionados à área tecnológica ou não. Parece que esta compreensão, no Brasil, é muito incipiente. Ela precisa ser revertida (Bazzo, 2016b).

Acreditamos, com muita convicção, que a falta de criatividade, vivência com outras pessoas na sua relação de trabalho e o vício de resolver apenas problemas triviais impostos por aulas mecanizadas é reflexo da relação professor-aluno vigente nos cursos de engenharia. É raro que professor e aluno ajudem-se mais detidamente na busca de soluções de seus problemas comuns. As salas de aula são locais físicos que servem apenas para a caracterização de tarefas individuais que devem ser cumpridas independentemente de suas finalidades.

Uma contribuição para a indispensável mudança é constituída pelo ensino vivencial, onde mestres e alunos possam discutir a educação tecnológica e a integração vida-universidade com mais amplitude, buscando por fontes de consulta em outros campos da vida acadêmica, adquirindo com isso uma visão menos dogmática da importância e da repercussão do ensino tecnológico.

5. Da constatação à ação

Muitos congressos, inúmeras palestras, incontáveis artigos foram alvo de nossa atividade para sanar ou, ao menos, minimizar esse problema. Sabemos que várias possibilidades compõem soluções para se alterar esse processo. Para não ficarmos apenas na constatação e no denunciamento – algo que sempre é cobrado por aqueles que preferem permanecer na zona de conforto do pronto e acabado – fomos construindo possibilidades de forma compartimentalizada e “amena” pela necessidade de adaptação a currículos herméticos e bem-comportados e, mais que tudo, pela epistemologia da maioria dos professores pertencente a esta área. O ensino de engenharia atual trabalha predominantemente com o aprendizado eminentemente técnico.

Fazendo um aparte nesta linha de raciocínio que estamos desenvolvendo, é mister justificar nossa preocupação de fazer um resgate daquilo que, além da constatação, já foi feito em termos de efetivar essas mudanças. Esta nova preocupação em termos de formação docente na engenharia por parte da OEI parece ter esse intuito. Inúmeras contribuições de outros autores em reflexões selecionadas no Foro Ibero-americano, celebrado em abril de 2018 em Avilés e Oviedo, foram importantes para a temática em questão. Mas antes de mais nada é interessante saber o que está feito, o que se disponibiliza e o que vem produzindo efeitos reais nessas ainda tímidas mudanças na educação tecnológica, mais especificamente em engenharia. É disso que trataremos daqui até o final deste artigo, disponibilizando informações que nos

parecem fulcrais estejam vivas para aqueles que, da mesma maneira como aconteceu conosco, vislumbram uma educação em engenharia mais emancipadora e criativa.

6. Tecnologia e desenvolvimento

Para nós é claro e cristalino que apenas a introdução de uma disciplina (54 horas-aulas, num universo de 4200) é muito pouco para resolver eventuais ausências de reflexões mais humanas, sociais e políticas entre engenheiros em formação. Mas é um começo. Tecnologia e Desenvolvimento – T&D, disciplina que introduzimos no currículo da Engenharia Mecânica da UFSC, nas últimas fases do curso – cumpre um papel fundamental como catalisador de um costume pouco arraigado na comunidade de estudantes de engenharia. Não por opção deles, mas sim por corroboração sistemática, fruto de uma “inércia cultural” entre aqueles que se sentem responsáveis apenas pelas questões técnicas da profissão: seus professores.

Para além dos objetivos básicos de uma disciplina introdutória com esta conotação, acrescentamos abordagens mais amplas, introduzindo textos e interpretações mais reflexivas, de cunho social e histórico, para despertar os iniciantes para preocupações mais realísticas acerca do papel dos engenheiros.

Para tal implantação, fomos motivados pela pressentida rapidez com que a tecnologia vem tomando conta de interesses e prioridades das sociedades, o que nos induziu à busca de alternativas de compreensão das suas repercussões mais amplas. Ao longo de experiências de vários anos com educação em engenharia, e com a sua administração, e em função de novos estudos acerca da forma como ciência e tecnologia vinham sendo tratadas dentro do ensino tecnológico, consideramos pertinente e oportuno criar oportunidades para que ambas fossem analisadas sob novos pontos de vistas.

Entendemos que cada vez mais a sociedade compreende que apenas dominar e ampliar as técnicas é muito pouco, e que precisamos ultrapassar visões utilitaristas dos produtos da tecnologia ou mesmo transpor análises técnicas pretensamente neutras que hoje muitos de nós privilegiam ou enaltecem acriticamente. A técnica como constructo social, como resultado de interações com a cultura e como resposta a emergências de um momento histórico estava em mente. Tudo isso buscando uma compreensão da técnica além da técnica, para ensejar um fazer da engenharia mais consistente e crítico.

Um curso de engenharia, no nosso entendimento, em que pese toda a sua força em prol do que se convencionou chamar “progresso tecnológico”, tem esquecido, ou abdicado, de criar condições para que a técnica seja compreendida aquém e além dos seus aspectos mais aparentes. E tem também deixado de lado contextualizações sociais, historicidades, referenciais culturais, ambientações, impactos, interações políticas, enfim muitas das inevitáveis inter-relações, imbricações e relações de compromisso presentes em toda ação humana, seja ela de caráter técnico ou não.

Através de análises críticas e reflexivas sobre os desenvolvimentos sociais – referidos sempre que possível ao Brasil –, que inexoravelmente passam pelas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, propusemos o conteúdo registrado em um documento oficial junto ao Colegiado do Curso de Engenharia Mecânica da UFSC, que o aprovou por unanimidade, também considerando que tal conteúdo estava em consonância com as Novas Diretrizes Curriculares brasileiras. A linha mestra da disciplina se fundamenta em uma linguagem clara, simples e pragmática escorada por farto material de apoio que contrasta as diversas nuances da ciência e da tecnologia num país tão paradoxal quanto o Brasil, que, apesar de dominar tecnologias de ponta, sofre ainda hoje com grandes desigualdades sociais e com filtros que dificultam sobremaneira acesso livre às benesses de uma sociedade tecnológica.

6.1. Ementa adotada

Como possibilidade geral para a constituição de uma disciplina com enfoque CTS, adotamos os seguintes assuntos: O que é CTS; Definições de ciência, tecnologia e técnica; Revolução industrial; Desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento social; Difusão de novas tecnologias; Sociedade tecnológica e suas implicações; Imagens da tecnologia; Noções de risco e de impacto tecnológico; Modelos de produção e modelos de sociedade; Desafios contemporâneos; Influências da ciência e da tecnologia na organização social; Relações entre ciência, tecnologia e sociedade; Questões éticas e políticas.

178

6.2. Objetivos

Uma disciplina com tal enfoque deve cumprir alguns papéis importantes na formação dos engenheiros. Dentre eles podemos citar, como mais significativos, o papel de contribuir para que o aluno desenvolva capacidades tais como:

- a) compreender as relações e as implicações entre ciência, tecnologia e sociedade;
- b) analisar e valorar as repercussões sociais, econômicas, políticas e éticas das atividades científicas e tecnológicas;
- c) aplicar os conhecimentos tecnocientíficos aos estudos e à valoração de problemas relevantes na vida social;
- d) utilizar conhecimentos das relações entre ciência, tecnologia e sociedade para compreender melhor a realidade;
- e) buscar soluções e adotar posições baseadas em juízo de valor livre e responsável;
- f) apreciar e valorar criticamente as potencialidades e as limitações da ciência e da tecnologia para proporcionar maior grau de consciência e de bem-estar individual e coletivo;
- g) assumir uma maior consciência dos problemas ligados às desigualdades sociais;
- h) analisar e avaliar criticamente as necessidades sociais e os desenvolvimentos científico e tecnológico;
- i) reconhecer a técnica como produção sociocultural e histórica, possibilitando alcançar uma maior capacidade de negociação nas ações da engenharia.

6.3. O primeiro grande resultado

Dentre as várias questões novas e desafiadoras que colocamos, uma das que deixa os alunos mais intrigados e motivados é a possibilidade de publicação de um artigo num congresso ou revista de circulação nacional. Dessa forma, instigamos, a cada semestre, que os alunos matriculados produzam textos que, se por nós aprovado, sejam submetidos a algum evento de repercussão mais ampla que a leitura por parte dos professores responsáveis pela disciplina. Como isso não é de praxe nas responsabilidades discentes brasileiras, transformamos uma atividade normalmente utilizada quase que exclusivamente apenas para fins de aferição de rendimentos escolares num desafio maior, que ultrapassa o âmbito do formalismo curricular.

Os resultados até aqui têm sido auspiciosos. Ao final de vários semestres seguidos de ministração da disciplina, mais de uma centena de artigos foram produzidos, abrangendo os mais diferentes assuntos.¹ Dentre estes, alguns foram selecionados para submissão a eventos externos à instituição. Embora em essência a lógica dos trabalhos originais seja mantida, os professores responsáveis pela disciplina trabalham os textos finais com os alunos visando adequá-los aos eventos a que se destinam. Até aqui, cerca de vinte desses artigos já foram publicados, basicamente nos Congressos Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE.

É importante ressaltar que estes artigos nascem depois de uma intensa maturação que passa pela elaboração de um seminário realizado em sala de aula, tendo como protagonistas as equipes de alunos. Está sempre em jogo um processo intenso que leva à preparação de assuntos motivadores que, normalmente, transformam as aulas em ambientes que ultrapassam a rigidez das formalidades que definem papéis clássicos entre professores e alunos.

179

Estabelecido o tema e o dia de um seminário, nos reunimos para as apresentações e debates. Cada equipe – geralmente composta de dois alunos – expõem suas ideias, os resultados de suas pesquisas, e abrimos momentos de discussão acerca do tema apresentado, tendo sempre os apresentadores no comando das discussões, orientados pelos professores.

Tendo em vista a consistência dos artigos até aqui produzidos, já estamos programando inclusive a publicação de um livro – compilando vários desses textos.² Imaginamos que tal obra possa trazer subsídios para nos ajudar a compreender o imbricado problema do desenvolvimento tecnológico e social.

6.4. Um outro recurso didático

Uma outra atividade realizada com sucesso, ultrapassando as expectativas iniciais, foi a utilização de vídeos. Normalmente de cinquenta minutos de duração, cada vídeo apresentado é seguido de debate, onde são apontadas – pelos presentes que queiram se manifestar – as impressões, concordâncias e discordâncias com relação à linha argumentativa estabelecida pelo roteirista. Em seguida, solicitamos que cada aluno, individualmente, prepare uma resenha a respeito do material apresentado.

Os vídeos utilizados são, em geral, reportagens – de cunho mais reflexivo – disponíveis nos arquivos dos professores, dos próprios alunos ou na internet. Para a seleção desse material, sempre se procura centrar o foco em temas que discutam a tecnologia, a ciência e a sociedade, em seu viés histórico, filosófico, político ou social, mas que de alguma forma encete possibilidades de enxergar a ciência, a tecnologia e a sociedade de forma crítica e contextualizada.

7. Introdução à engenharia mecânica

Implantada com o propósito de introduzir os alunos no curso, a disciplina foi iniciada tendo como objetivos principais capacitar o aluno a identificar as diversas áreas de atuação da Engenharia Mecânica, e dentro dessas propor métodos para análise e solução de problemas. Da sua ementa constavam em essência referências a palestras sobre Engenharia Mecânica e sobre o curso, e a visitas aos laboratórios. Inicialmente a ideia básica era a de repasse de conhecimentos para os alunos. O professor, ou os palestrantes, expunham os seus conhecimentos e os alunos os “absorviam”. Em provas formais, cada aluno demonstrava os conteúdos que havia “retido”.

Interpretamos hoje que, no seu início, Introdução à Engenharia Mecânica pouco diferia, em termos de prática de ensino, do padrão clássico de um curso de engenharia. Ainda assim, cumpria bem os seus propósitos de integração dos alunos ao curso.

180

Entretanto, com uma mudança de enfoque, reformulamos os seus objetivos, tornando-a mais abrangente, passando a tratar não apenas das questões técnicas, mas a encarar como possibilidade de mostrar uma engenharia mais realista, onde questões políticas, sociais e históricas assumem dimensões equiparáveis à formalidade técnica clássica.

Embora entendamos que o professor não seja autônomo na escolha dos tópicos constituintes da disciplina que leciona, consideramos que ele não pode apoiar-se nesta justificativa para esquivar-se de uma reflexão constante dos programas de ensino sob sua responsabilidade. Pensando assim, a cada semestre letivo Introdução à Engenharia Mecânica foi sendo avaliada – por professores e alunos – e procedidas alterações, sempre que necessário, para que ela alcançasse da melhor forma possível os objetivos previstos quando da sua implantação, mas agregando interpretações mais realísticas da engenharia.

Poderíamos aqui explicar um pouco mais as atividades desta disciplina tal como fizemos com T&D. No entanto, por questões limitantes de espaço, direcionamos para o www.nepet.ufsc.br, na seção de disciplinas, onde todo o processo está descrito e com farto material didático até aqui por nós produzido.

No ano de 1988, surgiu a primeira e exploratória publicação do livro “Introdução à Engenharia”, que serve como livro texto em inúmeros cursos de engenharia no Brasil,

hoje com mais de quarenta edições publicadas ao longo deste tempo (Bazzo e Pereira, 2016).

8. Núcleo de estudos e pesquisas em educação tecnológica – NEPET

Falar no NEPET é quase contar a história de nossas produções. Apesar de estar no diretório do CNPq como grupo instituído oficialmente, sempre viveu sem qualquer financiamento. Sua manutenção básica de infraestrutura – sala, equipamentos, material de consumo etc. – foi bancada pelo próprio Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. É importante que isso seja dito para salientar o apoio e a importância que a chefia e o corpo docente emprestaram a este empreendimento, que completa agora 21 anos de existência.

O NEPET reúne professores de várias áreas de conhecimento e vem trabalhando com a indispensável interdisciplinaridade, fundamental para os propósitos de nossos estudos. Indubitavelmente o ponto alto da produção de material para reflexão dos mais diversos setores da educação é a sua página – www.nepet.ufsc.br –, atualizada com frequência. Em visitas à página do NEPET podem-se conferir livros comentados, materiais para reflexão, vídeos e filmes recomendados, descrição de aulas – para facilitar a preparação por outros que queiram entender a lógica da inserção desses assuntos na sua lida diária com processos de ensino. Inúmeras resenhas de livros atuais são redigidas para disponibilizar assuntos contemporâneos que embalam a engenharia e seu funcionamento. Enfim, o NEPET é uma de nossas significativas contribuições para este desafio de “quebrar paradigmas” na Educação em Engenharia.

181

9. Conclusões

Implantar inovações educacionais – apesar do imenso apelo que a palavra tem no meio tecnológico – é sempre um desafio na formação do engenheiro. Grande parte do corpo discente e docente as vê como “corpo estranho” dentro do contexto técnico. Sabemos que é um desafio de envergadura considerável, mas seguimos investindo e produzindo para que tal aconteça.

Em primeiro lugar, tal magnitude de ousadia fica evidenciada pela falta de referenciais orientadores tanto quanto aos conteúdos a abordar quanto ao formato dos procedimentos didático-pedagógicos mais adequados para estas mudanças. A forma como o ambiente acadêmico técnico enxerga esses desafios educacionais com estes enfoques também não pode ser desprezada, quando se fala em dificuldades de implantação.

Até certo ponto é compreensível o estranhamento. Acostumados a décadas de acomodação a um ritual técnico padronizado e moldado na força de eventos tecnocientíficos relevantes, a cultura que permeia o modo de pensar na engenharia bloqueia qualquer tentativa que destoe do paradigma vigente. Tal paradigma,

embalado pelos relativos sucessos dos empreendimentos tecnológicos recentes, praticamente bloqueia espaços à dúvida, à incerteza, à crítica, à dialética, a tudo aquilo que não privilegie a contundência da “resposta certa”, baseada que está num conceito de ciência idealizada. Com efeito, o sistema educativo incorpora o modelo positivista – matriz do ensino de engenharia brasileiro – e abre caminho para o aparentemente vitorioso modelo industrial, fazendo com que a educação se transforme em alvo fácil para uma absorção acrítica de novidades do mercado de consumo.

Daí que a implantação destes desafios que objetivem justamente contemplar a técnica sob outros enfoques, que não puramente a manutenção da técnica pela técnica, sofra inicialmente um impacto do próprio sistema que se sente agredido em sua integridade. Afinal, prepostos da sociedade para fazer a técnica devem também zelar por ela. E isso significa, nesta forma de ver a coisa, manter um corpo fechado de procedimentos que se cerram sobre si mesmos, como se ingerências fora desse escopo fossem perturbar uma ordem indiscutível das coisas técnicas.

Passado este impacto inicial, a preocupação básica com a implantação desses “novos temas” a partir de pouco referencial direto para orientar os professores das áreas técnicas, passa a ser a dificuldade de implantação de semelhantes ideias. Acreditamos que tenhamos ultrapassado – nesses quarenta anos de intensa atividade e produção de materiais que minimizem esta lacuna na literatura brasileira – essas etapas com sucesso, e que os resultados começam a aparecer.

182

O que relatamos neste artigo corrobora esta interpretação, tendo em vista o número de alunos que cursaram Tecnologia e Desenvolvimento, o número de visitas ao site do NEPET ao longo de sua existência e a noção diferenciada sobre engenharia que os recém-ingressos no curso de engenharia mecânica da UFSC obtiveram a partir da forma como foram recebidos nesta nova fase da vida através da disciplina Introdução à Engenharia Mecânica. Muitos livros escritos também comprovam o acerto da nossa aposta; todos eles contemplados com novas edições, o que mostra a necessidade que os estudantes têm de ler textos com semelhantes conteúdos.

O livro “Introdução à Engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos” é um capítulo à parte nesse nosso inventário. Foram mais de 40 edições com diferentes capas, conteúdos e ressignificações. E ele segue atendendo a vários cursos pelo Brasil todo – alguns também nos países vizinhos – sendo remodelado a cada tempo em função da significativa mudança civilizatória contemporânea.

Mais importante do que colocar uma conclusão extensa aqui, é mais significativo convidar a conhecer estes trabalhos para saber que, além da identificação do problema das lacunas no processo de educação na engenharia, a procura de possíveis soluções tem sido feita com vigor por alguns grupos no Brasil, com produção significativa de materiais.

Para finalizar, gostaríamos de registrar que o que mais nos encoraja a afirmar o sucesso desta empreitada é a mudança de postura de alunos com relação à

abrangência da ação da engenharia, que passou de meramente instrumental para contextualizada em consonância com os novos problemas civilizatórios. E intuir que, quem sabe, dentro de pouco tempo esse tipo de postura também faça parte da formação da maioria dos docentes que trabalham a educação tecnológica no Brasil.

Referências bibliográficas

BAZZO, W. A. (2016a): *De técnico e de humano, questões contemporâneas*, Florianópolis, Editora da UFSC.

BAZZO, W. A. (2016b): “Ponto de Ruptura Civilizatória: A Pertinência de uma Educação ‘desobediente’”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, vol. 12, nº 34, pp. 73-91.

BAZZO, W. A. (2017): *Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da Educação Tecnológica*, Florianópolis, Editora da UFSC.

BAZZO, W. A., LINSINGEN, I. V. e PEREIRA, L. T. V. (2003): *Introdução aos estudos CTS (Ciência, tecnologia e sociedade)*, Madri, OEI.

BAZZO, W. A. e PEREIRA, L. T. V. (2016): *Introdução à Engenharia, conceitos, ferramentas e comportamentos*, Florianópolis, Editora da UFSC.

BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V. e BAZZO, J. L. S. (2016): *Conversando sobre educação tecnológica*, Florianópolis, Editora da UFSC.

BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V. e LINSINGEN, I. V. (2016): *Educação Tecnológica, enfoques para o ensino de engenharia*, Florianópolis, Editora da UFSC.

KUHN, T. (1992): *A estrutura das revoluções científicas*, São Paulo, Perspectiva.

Como citar este artigo

BAZZO, W. A. e PEREIRA, L. T. V. (2019): “Rompendo paradigmas na educação em engenharia”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, nº 41, pp. 169-183.

Ingenieros del Antropoceno digital: la enseñanza de las ingenierías en una época incierta *

Engenheiros do Antropoceno digital: o ensino de engenharia em uma era incerta

Engineers of the Digital Anthropocene: Teaching Engineering in an Uncertain Era

José Manuel de Cózar Escalante **

Si bien no ha sido oficialmente aprobada, cada vez se extiende más la idea de que hemos entrado en la época geológica conocida como Antropoceno. Sería la época del hombre entendido como un ser humano con capacidad para modificar el sistema Tierra en su conjunto. En esta transformación, las tecnologías desempeñan un papel fundamental. Es crucial reflexionar sobre las consecuencias, tanto positivas como indeseadas, de los avances de las tecnologías emergentes, y entre ellas las tecnologías digitales. Se han depositado muchas esperanzas en las tecnologías digitales a la hora de revertir las trayectorias preocupantes del Antropoceno, pero también hay voces que alertan de la dimensión sombría del “Antropoceno digital”. La enseñanza de las ingenierías debe recoger el estudio y análisis de estos temas, de modo que los futuros profesionales se formen con una perspectiva suficientemente amplia a la hora de abordar los problemas que encontrarán en el desempeño de su actividad profesional. Es necesario fomentar un acercamiento entre las nuevas humanidades digitales y ambientales y las titulaciones técnicas, a fin de que colaboren en la resolución de los problemas de esta nueva época.

185

Palabras clave: Antropoceno; tecnología digital; enseñanza de la ingeniería; desmaterialización; humanidades digitales y ambientales

* Este artículo ha sido posible gracias al apoyo del proyecto “Praxeología de la cultura científica: concepto y dimensiones” (FFI2017-82217-C2-1-P) del Plan Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, España.

** Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia, la Educación y el Lenguaje, Universidad de La Laguna, España. Correo electrónico: jcozar@ull.edu.es.

Embora não tenha sido oficialmente assumida, a ideia de que entramos na época geológica conhecida como Antropoceno tem-se vindo a ampliar. Seria a idade do homem, entendido como um ser humano com a capacidade de modificar o sistema da Terra como um todo. Nesta transformação as tecnologias desempenham um papel fundamental. Em particular, é crucial refletir sobre as consequências, tanto positivas quanto indesejadas, dos avanços das tecnologias emergentes, incluindo as tecnologias digitais. Elas têm depositado grandes esperanças sobre como reverter os caminhos do Antropoceno, mas também existem vozes que alertam para a dimensão sombria do “Antropoceno digital.” O ensino de engenharia tem de investigar estas questões, para que os futuros profissionais sejam formados com abertura suficiente para resolver os problemas encontrados no desempenho da sua atividade profissional. É necessário promover uma aproximação entre as novas humanidades digitais e ambientais e as qualificações técnicas, a fim de colaborar na resolução dos problemas desta nova era.

Palavras-chave: Antropoceno; tecnologia digital; educação em engenharia; desmaterialização; humanidades digitais e ambientais

Although it has not been officially approved, the idea that we have now entered the Anthropocene era is becoming more widely accepted. This refers to a geological epoch in which human beings have the capacity to modify the Earth's system as a whole. Because technology plays a fundamental role in this transformation, it is crucial to reflect on the consequences, both positive and undesired, of emerging technologies, including digital technologies. Many hopes have been placed on digital technologies when it comes to reversing the troubling paths of the Anthropocene, but there are also voices that warn of the bleaker dimension of the “digital Anthropocene”. With this in mind, engineering education should include the study and analysis of these topics, so that future engineers will be able to efficiently deal with the problems they encounter in the performance of their professional duties. It is necessary to promote a rapprochement between the new digital and environmental humanities and the technical qualifications, so that they can collaborate in the resolution of the problems of this new era.

Keywords: Anthropocene; digital technology; engineering education; dematerialization; digital and environmental humanities

Introducción

El Antropoceno, o “época del hombre”, es una nueva época geológica en la que el ser humano se ha convertido en una fuerza con capacidad para transformar la Tierra a escala global. Entre los efectos producidos, el más importante sería el cambio climático, pero hay muchos más. En todo el mundo se debate cada vez con mayor intensidad sobre su significado y sus implicaciones (Arias, 2018; de Cózar, 2019; Fernández, 2011; Hamilton *et al.*, 2015; Rull, 2018).

Un campo crucial de reflexión es la confluencia entre el Antropoceno y las tecnologías y tecnociencias emergentes (nanotecnología, biología sintética, robótica, inteligencia artificial), y más en concreto las tecnologías del mundo digital. Este último caso configura el “Antropoceno digital”. Se trata de una expresión que inicialmente puede causar extrañeza, pero que va cobrando sentido a medida que indagamos en la enorme complejidad de las interacciones que se producen entre los nuevos modelos económicos y sociales que estas tecnologías propician y la situación ecológica del planeta.

El Antropoceno digital se define como la confluencia, en este siglo XXI, de la revolución digital, el cambio climático y los conflictos sociales, económicos y políticos en curso. Por su parte, las humanidades digitales (y ambientales), a las que se volverá luego, pueden ser contempladas como parte de la respuesta académica a esos problemas. La noción de un Antropoceno digital está asociada a la esperanza de que las nuevas tecnologías puedan enfrentarse al cambio climático global, permitan a los humanos adaptarse a los nuevos entornos y contribuyan, en definitiva, a la creación de formas sostenibles de existencia en el planeta (Travis y Holm, 2016).

187

Así pues, en lugar de reforzar la senda insostenible por la que transita la civilización, las nuevas tecnologías (digitales o no) deben colaborar en la resolución de los enormes problemas que trae consigo el Antropoceno, mediante la reducción de la explotación de recursos naturales, el cambio de paradigma energético, la evaluación técnica, ambiental y ética, seria y en profundidad, de las soluciones propuestas (como las de la geoingeniería), el desarrollo de redes de “inteligencia colectiva” y un largo etcétera.¹

Lo que se quiere plantear aquí es que la familiarización de los futuros ingenieros con la noción de Antropoceno —y, más en concreto, con el Antropoceno digital— les ayudaría a adquirir una panorámica o visión de conjunto más amplia que aquella que les proporcionan los enfoques disciplinares usuales de resolución de problemas, una mayor sensibilización y conciencia de la red de interacciones y efectos que tienen lugar entre las tecnologías y tecnociencias emergentes, las dinámicas sociales y la realidad natural.

1. Para un planteamiento más general sobre los criterios deseables con los que habría que valorar las propuestas tecnológicas, véase Quintanilla *et al.* (2017).

Además, el campo reciente de estudios interdisciplinarios y transdisciplinarios conocido como “humanidades digitales y ambientales” quizás pueda contribuir a que las humanidades no continúen en un proceso de decadencia y puedan cumplir una función destacada en la comprensión de lo que supone la existencia humana en el Antropoceno, y aún más importante: de cómo podría y debería mejorar.

1. Significado e importancia del Antropoceno ²

Tradicionalmente se suponía que los efectos del trabajo humano sobre el suelo, el agua o la atmósfera eran insignificantes en relación al tamaño de la Tierra y a la magnitud de los procesos naturales. En cambio, ahora tenemos razones para pensar que no es así. Lo que resulta más remarcable: si el ser humano se ha convertido en el mayor agente de cambio del planeta, el principal problema es que está ocasionando una enorme aceleración de ese cambio si se compara con la relativa lentitud de los agentes naturales, cuya acción requiere de lapsos de tiempo por lo general extensísimos, difícilmente imaginables, muy alejados de la escala en la que tiene lugar la historia humana. El tiempo geológico está siendo alterado por el curso vertiginoso de nuestra historia. Por desgracia, los procesos de recuperación naturales pueden prolongarse durante décadas, siglos o milenios, demasiado para muchos de nosotros.

Existen dos interpretaciones, diametralmente opuestas, de lo que significa vivir en el Antropoceno. Hay quienes lo ven como una amenaza para el presente y futuro de la humanidad. Tal amenaza podría acabar convirtiéndose en una catástrofe de enorme magnitud e incluso desembocar en la extinción de nuestra especie. Serían los catastrofistas o, por emplear una extraña expresión, “misanthropocénicos”.³ En cambio, para los que cabría denominar “antropocenistas”, es una oportunidad única para ejercer por fin un control completo y definitivo sobre el planeta, gracias al poder que nos otorgan la ciencia y la tecnología modernas. Por ejemplo, la geoingeniería (ingeniería del clima o climática) realiza propuestas de soluciones para el cambio climático mediante proyectos de intervención a gran escala. Entre los más discutidos están los de disminución de la radiación solar por medio de un incremento de la capacidad de reflexión de la luz (con reflectores, “siembra de nubes”, etc.). Asimismo, se plantea la reducción del dióxido de carbono presente en la atmósfera, que sería capturado mediante la fertilización del océano con hierro, con la generación de más fitoplancton, o mediante el uso masivo de máquinas destinadas a ese fin, así como otros megaproyectos. Los antropocenistas también están convencidos de que pueden “gestionar” los ecosistemas como si se tratara de modernas fábricas, transformándolos a nuestro gusto para obtener de ellos, de manera eficiente y sostenible, los recursos y servicios que necesitamos para garantizar nuestra supervivencia y bienestar.

2. Adaptado a partir de de Cózar (2017).

3. Más información disponible en: <http://www.themisanthropocene.com/>.

Es imprescindible tomar conciencia de que, con independencia de que se emplee explícitamente el término que nos ocupa, optar por una de estas dos visiones no equivale a una mera cuestión de gusto o de índole puramente teórica. Las líneas de actuación respecto a los problemas que nos apremian dependerán de cómo planteemos el Antropoceno. Las consecuencias de nuestras acciones diferirán de manera dramática, y, en definitiva, también lo hará el futuro del planeta, de la humanidad y de los seres que lo habitan. En toda esta discusión, la cuestión de fondo es la necesidad de una reconceptualización en profundidad de las relaciones entre los seres humanos, las tecnologías y la realidad natural.

2. Cómo plantear el Antropoceno digital

Es obvio que las tecnologías digitales potencian numerosas capacidades humanas y tecnológicas. Algunas de ellas ya existentes (como vemos claramente en el ámbito de la comunicación). Otras capacidades son novedosas (como las que posibilitan tantas herramientas biomédicas o, en la vida ordinaria, algunas aplicaciones de los *smart phones*). Esto de por sí presenta un enorme potencial transformador de la realidad humana. Es un potencial que se está actualizando ante nuestros ojos, o bien a nuestras espaldas. Consideremos brevemente algunos planteamientos incluso más radicales sobre el papel que pueden tener las tecnologías digitales en la preservación y florecimiento de la vida humana y no humana.

Así, según algunos autores, estamos asistiendo a la transformación de la inteligencia humana en términos de una progresiva constitución de una inteligencia colectiva global. Las claves de esa transformación serían el reemplazo de lo analógico por lo digital, el pensamiento centrado en el diseño (*design thinking*), el pos-secularismo frente a la tradición y la percepción y agencia humanas como los motores principales del cambio planetario (Travis y Holm, 2016: 188).⁴

189

Las tecnologías digitales, como todos comprobamos en nuestra existencia cotidiana, están modificando profundamente las relaciones humanas dentro del territorio, así como la producción de bienes y servicios, el conocimiento, la identidad personal, la memoria individual y la colectiva. En el Antropoceno se requiere un planteamiento tecnológico global que, por un lado, se muestre respetuoso con los procesos de la biosfera, pero por otro proporcione herramientas para poder afrontar los enormes problemas ecosociales que nos acucian. La agencia humana tiene una importante cuota de responsabilidad en los cambios climáticos y en los desequilibrios ecológicos que estamos padeciendo. Existe la tentación de pensar que gracias a las nuevas tecnologías seremos omnipotentes, de modo que podremos revertir la dinámica por la que estamos transitando y convertir el planeta entero en nuestra casa y huerto, un artefacto perfectamente controlado. Creemos que podemos “artificializar”

4. Por *design thinking* se conoce un planteamiento y metodología del diseño que parte de las personas y por tanto intenta comprender a los usuarios futuros de la innovación planteada.

con éxito los sistemas biofísicos mediante la geoingeniería, la biología sintética, la nanotecnología y tantas otras tecnologías que se están desarrollando a día de hoy, incluidas las digitales. Las tecnologías digitales pueden contribuir a observar los parámetros ambientales y transmitirlos en tiempo real, quizás incluso transformando sus valores de un instante al siguiente mediante sofisticados sistemas de control. Desconocemos las consecuencias imprevistas e indeseadas de unos proyectos tecnológicos a tan gran escala. En cualquier caso, todo esto tiene que ser motivo de reflexión para estudiantes y para profesionales de la ingeniería.

Un enfoque prometedor es el de pensar que, así como el Antropoceno plantea desafíos globales, las tecnologías digitales pueden responder a estos desafíos gracias a sus características intrínsecas. Una red global de comunicación se ha extendido de hecho por el mundo, con infinidad de subredes y de usos. Muchas de estas redes y actividades pueden ser positivas a la hora de encarar los problemas del Antropoceno. Dicho en términos más metafóricos: una piel digital se extendería sobre el planeta, de manera que Gaia, más que coartada o amenazada por dicho manto, lo contemplara como una parte de sí misma que le es útil a la hora de autorregularse.

Autores como Ferry (2017) y de Rosnay (2015), con su defensa de un “hiperhumanismo”, van en esa línea: los seres humanos no tienen por qué ser los enemigos o parásitos de Gaia. Por el contrario, pueden constituir una legítima parte de ella, al igual que el resto de elementos que la componen. La peculiaridad de nuestra especie es que aportaría una conciencia e inteligencias superiores, de las que habría que hacer uso para resolver adecuadamente y eficazmente los problemas eco-sociales. Más aún, gracias al desarrollo de las tecnologías digitales estaríamos asistiendo a la creación de una inteligencia colectiva humana que podría ser clave en la lucha contra los problemas planteados por el Antropoceno. Es una visión sin duda muy optimista, pero que puede servir de acicate a investigadores y profesionales que desempeñan su labor en estos campos.

190

3. ¿Desmaterialización?

A partir de los años 70 del siglo XX se hicieron famosos ciertos informes que alertaban sobre los límites biofísicos con los que se topaba el crecimiento económico, hasta ese momento prácticamente incuestionado.⁵ La idea, muy clara, es que no puede haber un crecimiento ilimitado en un planeta con recursos limitados. La superpoblación, las consecuencias ambientales del desarrollo industrial, la explotación de los recursos naturales y en general el impacto de las actividades humanas en el sistema Tierra han seguido hasta ahora, salvo excepciones, la senda de la insostenibilidad.

5. El más conocido fue el informe al Club de Roma de 1972, elaborado por un grupo de científicos liderados por Donella Meadows, y denominado así: “Los límites del crecimiento”. Ese informe fue actualizado en 1992 y en 2004.

El avance de las tecnologías digitales, así como las mejoras en la eficiencia energética, el uso compartido de ciertos artefactos y la disminución de la cantidad de material con el que se fabrican los productos ha llevado a pensar a algunos autores que la economía podría estar asistiendo a un proceso de creciente “desmaterialización”. Lamentablemente, las cosas son más complicadas. Es sabido que el abaratamiento de los productos debido a las mejoras en la eficiencia produce un efecto rebote que aumenta el consumo, con lo que este aumento anula el efecto beneficioso obtenido. Un ejemplo muy sencillo: si la gasolina es más barata, probablemente usaremos más el coche. Además, se está produciendo un aumento del consumo en términos absolutos debido al crecimiento de la población mundial. El incremento del poder adquisitivo a lo largo y ancho del planeta lleva aparejada una demanda creciente de bienes y servicios. Un caso evidente es el de China en estos últimos años.

Centrándonos tan sólo en los efectos en la desmaterialización atribuibles al desarrollo de las tecnologías digitales, hay que tener en cuenta unos factores que a menudo resultan invisibles para la mayoría de nosotros en nuestras prácticas cotidianas (Fernández, 2011: 88-91).⁶ Así, pensamos que es preferible leer un documento en internet a imprimirlo, debido al ahorro en tinta y papel. Ahora bien, mientras estamos delante de la pantalla, se está consumiendo energía: en el funcionamiento del dispositivo que estamos empleando, en los servidores donde se almacena la información y en las redes que la transmiten. Cada aparato supone una cantidad elevada de materiales, agua y energía en los procesos de extracción, transporte, fabricación y gestión de residuos tras su vida útil. En especial, el uso de ciertos minerales provoca tensiones en los países donde se obtienen, las baterías representan un grave problema de contaminación y la obsolescencia programada hace que sea muy breve el periodo en el que estos artefactos se emplean, siendo rápidamente sustituidos por nuevos modelos. Por lo demás, las tecnologías de la información y de la comunicación son responsables de la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de gases de efecto invernadero, tanto en su infraestructura como durante la transmisión de datos.

191

Un problema extremadamente grave es el de la invisibilidad de los impactos ambientales propiciada por la sociedad digital, en nuestro desplazamiento aparente desde la biosfera a la tecnosfera (“infoesfera”, ciberespacio o realidad virtual) (Fernández, 2011: 90). Evidentemente, seguimos en la biosfera, pero una fracción cada vez más grande de la población mundial habita en entornos fuertemente antropizados, como son las grandes urbes, sin apenas contacto con la naturaleza (aunque sí con los “servicios ambientales” que nos proporciona, como la renovación del agua que bebemos y del aire que respiramos). Por si fuera poco, gran parte de esa población no desea ser consciente de las negativas consecuencias ambientales del estilo de vida urbano, que es intensivo en el consumo de energía, agua y materiales, emisor de gases de efecto invernadero y generador de una ingente cantidad de residuos, muchos de ellos tóxicos. Es un estilo de vida del que la realidad

6. Para datos recientes véase, entre otros, Gil, 2018.

digital forma ya parte consustancial. Confiemos en que el avance de las *smart cities* o “ciudades inteligentes”, con el uso eficiente y extendido de las tecnologías de la información y de la comunicación, suponga a medio y largo plazo un cambio significativo en este estado de cosas.⁷

4. Nihilismo digital

Así pues, mientras que es indudable que asistimos al desarrollo vertiginoso de una economía y sociedad digitales, las interpretaciones sobre este cambio son muy diversas y hasta antagónicas. Es importante que los estudiantes de ingeniería sean conscientes de esta pluralidad de interpretaciones, en vez de asumir acríticamente la “lógica del progreso tecnológico”. El filósofo Bernard Stiegler es ampliamente conocido por la atención que lleva dedicando desde hace años a estos fenómenos. De hecho, junto a su producción filosófica, ha sido impulsor de distintos programas y acciones relacionadas con el mundo digital y sus diversas aplicaciones (Stiegler, 2014).⁸

Para Stiegler, el advenimiento de la era digital viene acompañado de una completa y generalizada automatización (Stiegler, 2018). La “automatización digital” conduce al declive del salario y del empleo. Pero si estas consecuencias para el trabajo y la capacidad de las personas de poder llevar una vida digna son ya de por sí negativas, lo peor sería una intensificación de la entropía y de las tendencias nihilistas ya presentes en la sociedad. Lo que se estaría liquidando sería nada menos que el conocimiento, con un consiguiente aumento del desorden entrópico. El conocimiento, al ser un sistema abierto, genera orden (neguentropía) en tanto produce estructuras que se oponen a la automatización, propia de los sistemas cerrados.

El nihilismo es representado, según Stiegler, por el “capitalismo computacional”. Se trataría de un capitalismo “sin mente y sin espíritu”, que conlleva la destrucción de la teoría en favor de una “ideología correlacionista fundada en la aplicación de la supercomputación al ‘big data’” (Stiegler, 2018).

Sin embargo, Stiegler ve en la tecnología digital, y más en concreto en internet, el mejor instrumento para promover el conocimiento y el cuidado de la Tierra y de sus habitantes a escala global. Para ello habría que sustituir la economía del consumo por lo que Stiegler llama una “economía de la contribución”. Se trata de valorar la participación y la colaboración en proyectos, debido a la motivación, el deseo y la pasión, sobre la obtención de los beneficios puramente económicos.⁹ La velocidad de las redes digitales es cuatro millones de veces mayor que la de las señales que circulan por los nervios humanos. Los seres humanos, en unión con las nuevas

7. Véase el sitio web de Real Smart Cities: <http://realsms.eu/>.

8. Véase también la información contenida en: https://fr.wikipedia.org/wiki/Bernard_Stiegler.

9. Desde otro punto de vista, pero en cierto modo complementario al de Stiegler, el filósofo surcoreano Byung-Chul Han ha criticado una “psicopolítica” que hace de los individuos los causantes de su propia explotación y alienación mientras creen estar realizándose y actuando con plena libertad. Véase, entre otros, Han (2014).

tecnologías, deberían aprovechar las nuevas potencialidades con objeto de revertir la entropía. Se requiere llevar a cabo una política industrial alternativa. En suma, todo ello habría de propiciar un “Negantropoceno” en lugar de un “Entropoceno”.

5. Qué son las humanidades digitales y ambientales

Se habla ya de un “humanismo digital” como nueva forma de percibir y comprender la nueva realidad propiciada por las tecnologías digitales. Así, señala Doueih, “el humanismo digital es el resultado de una convergencia inédita entre nuestra compleja herencia cultural y una tecnología que se ha convertido en un espacio de sociabilidad sin precedentes” (2011: 33). La tecnología digital constituye una nueva cultura (en el sentido antropológico de la expresión: nuevas creencias, valores, prácticas y artefactos) y lo hace a escala global. Por poner un solo y conocido ejemplo: la sociabilidad está cambiando y en este ámbito el concepto de amistad ya no es el de siempre. Representaba un valor esencial dentro de la cultura humanística que está siendo desplazado por una especie de “pseudo-amistad” o “amistad simplificada”. El humanismo actual debe acomodar este hecho. Otro ejemplo que pone el mismo autor es el cambio en el concepto de espacio: la gente que vive en las nuevas ciudades lo hace en un entorno híbrido, que es a la vez real y virtual. La *smart city* está naciendo ante nuestros ojos, con una mezcla de incertidumbres y titubeos, pero también de posibilidades por descubrir, incluyendo una más eficiente gestión de los valiosos recursos energéticos y ambientales y un menor impacto en el medio biofísico.

El humanismo digital encuentra su reflejo académico en el desarrollo, desde hace ya varias décadas, de las humanidades digitales.¹⁰ Hay cinco grandes campos: 1) colecciones digitales, archivo y codificación textual; 2) lectura y análisis de textos electrónicos; 3) tecnologías de mapeo geospacial y de discurso crítico; 4) visualización 3D; y 5) *big data*, informática social, *crowdsourcing* (realización colectiva y abierta de tareas y proyectos a través de Internet) y creación de redes. Los medios tradicionales (libros, archivos, mapas, pinturas, películas) se combinan o son desplazados por los “nuevos” medios (GIS o sistemas de información geográfica, GPS o sistemas de posicionamiento global, redes sociales, *big data*, plataformas de juegos, realidad virtual, etc.) (Travis y Holm, 2016: 189). Se discute en la actualidad con interés creciente la contribución que las humanidades digitales pueden realizar en la lucha contra los aspectos indeseables de la época antropocénica (Nowvieskie, 2015).

Por su parte, las humanidades ambientales responden a la necesidad de resituar las cuestiones relativas al cambio ambiental global fundamentalmente como problemas sociales y humanos, más que como materias puramente ambientales (Neimanis, Åsberg y Hedrén, 2015: 69). Como señalan estos autores, los mencionados estudios son un medio por el que las preocupaciones humanísticas fundamentales —tales como las relativas al significado, el valor, la responsabilidad y el propósito— pueden ser aplicadas a los problemas ecosociales a través de los

10. Véase, por ejemplo, Smithies (2017).

modos específicos de investigación de las humanidades en diálogo con muchas otras disciplinas. En este proceso, las humanidades ambientales deben ser sensibles a las diferencias en las visiones del mundo, historias, subjetividades, relaciones y prácticas de las variadas comunidades en relación al medio natural y antropizado en el que se insertan y con el que interactúan.

Tanto las humanidades digitales como las ambientales, con sus planteamientos interdisciplinarios, relacionales e inclusivos, pueden ayudar a que los futuros ingenieros tomen conciencia de la importancia de la inserción de las soluciones puramente técnicas en un marco mucho más amplio, que comprende, entre otros aspectos, las actitudes, percepciones, compromisos, motivaciones, imaginarios, valores y prácticas de los ciudadanos, además, por supuesto, de sus respectivas capacidades de influencia política y económica en la estructura social. Estos aspectos han de contemplarse como elementos esenciales para que las intervenciones tecnológicas puedan plantearse y llevarse a cabo con éxito.

Conclusiones

Bajo la denominación de “Antropoceno digital” encontramos mucho espacio para explorar e investigar: conceptualmente, clarificando las nuevas relaciones que se establecen entre los elementos naturales, tecnológicos y humanos; en el espacio de la innovación, con propuestas que permitan ir en la línea de una mayor y mejor colaboración de los seres humanos entre sí y con Gaia.

La tarea por delante, ciertamente abrumadora, es la de trabajar juntos en las nuevas modalidades de memoria, identidad y conocimiento que propician las tecnologías digitales y otras tecnologías emergentes, y de incluirlas en un nuevo marco ético que se encuentra aún por construir. Está por ver si las humanidades digitales y ambientales van a poder acomodar dentro del marco humanista las tensiones que provienen, entre otros factores, del cambio tecnológico global, o bien si vamos a derivar, como algunos indicios señalan, hacia algún tipo de poshumanismo o de transhumanismo.

La formación de los ingenieros, con independencia de la especialidad que estén cursando, debería recoger al menos una introducción a todas estas cruciales cuestiones. En el plano más amplio, hay que propiciar el acercamiento entre las nuevas humanidades y las titulaciones técnicas para colaborar en la resolución de los problemas del Antropoceno. Es un diálogo necesario que se encuentra tan sólo en sus inicios.

Bibliografía

ARIAS, M. (2018): *Antropoceno. La política en la era humana*, Madrid, Taurus.

DE CÓZAR, J. M. (2017): “¿Qué significa vivir en el Antropoceno?”, *Iberoamérica divulga*, octubre. Disponible en: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?que-significa-vivir-en-el-antropoceno>.

DE CÓZAR, J. M. (2019): *El Antropoceno. Tecnología, naturaleza y condición humana*, Madrid, Los libros de la Catarata.

DE ROSNAY, J. (2015): “Artificial Intelligence: Transhumanism is Narcissistic. We Must Strive for Hyperhumanism”, *L’OBS Le Plus*. Disponible en: <https://www.crossroads-to-the-future.com/articles/artificial-intelligence-transhumanism-is-narcissistic-we-must-strive-for-hyperhumanism/>.

DOUEIHI, M. (2011): “Humanismo digital”, *El correo de la Unesco*, vol. 64, nº 4, pp. 32-33. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000213090_spa.

FERNÁNDEZ, R. (2011): *El Antropoceno. La expansión del capitalismo global choca con la biosfera*, Barcelona, Virus Editorial.

FERRI, L. (2017): *La revolución transhumanista*, Madrid, Alianza.

GIL, M. (2018): “Ecología del papel versus ecología digital”. Disponible en: <https://antinomiaslibro.wordpress.com/2018/01/08/ecologia-del-papel-versus-ecologia-digital/>

195

HAMILTON, C., BONNEUIL, C. y GEMENNE, F. (2015): *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis*, Londres, Routledge.

HAN, B. H. (2014): *Psicopolítica. Neoliberalismo y nuevas formas de poder*, Barcelona, Herder.

NEIMANIS, A., ÅSBERG, C. y HEDRÉN, J. (2015): “Four problems, four directions for environmental humanities: Toward critical posthumanities for the Anthropocene”, *Ethics & the Environment*, vol. 20, nº 1, pp. 67-97.

NOWVISKIE, B. (2015): “Digital humanities in the Anthropocene”, *Digital Scholarship in the Humanities*, vol. 30, suppl. 1, pp. i4-i15.

QUINTANILLA, M.A., PARSELIS, M., SANDRONE, D. y LAWLER, D. (2017): *Tecnologías entrañables*, Madrid, OEI-Catarata.

RULL, V. (2018): *El Antropoceno*, Madrid, CSIC-Catarata.

SMITHIES, J. (2017): *The digital humanities and the digital modern*, Londres, Palgrave Macmillan.

STIEGLER, B. (2014): "Digital Humanities". Disponible en: https://www.academia.edu/12692243/Bernard_Stiegler_Digital_Humanities_2014_.

STIEGLER, B. (2018): *The Neganthropocene*, Londres, Open Humanities Press.

TRAVIS, C. y HOLM, P. (2016): "The Digital Environmental Humanities", en C. Travis y A. von Lünen (eds.): *The Digital Arts and Humanities*, Berlín, Springer, pp. 187-204.

Cómo citar este artículo

CÓZAR ESCALANTE, J. M. (2019): "Ingenieros del Antropoceno digital: la enseñanza de las ingenierías en una época incierta", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, nº 41, pp. 185-196.

Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS a la formación de los ingenieros

Engenharia e sociedade: contribuições dos estudos CTS na formação dos engenheiros

Engineering and Society: Contributions of STS Studies to Engineering Education

Milena Ramallo, Elida Clara Repetto,
María Celia Gayoso y Rosa Giacomino *

El objetivo de este trabajo es presentar los aportes del enfoque CTS e incorporarlos a la asignatura "Ingeniería y sociedad" en las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Esta fundamentación brinda elementos teóricos y metodológicos para la reflexión sobre la pertinencia de este campo de estudio-trabajo en la formación de ingenieros. Su objeto de estudio se centra en la relación entre la ciencia y la tecnología, hoy en día atravesada por una nueva concepción de la ingeniería atenta a las necesidades de una sociedad que anhela alcanzar el desarrollo sustentable. Esto ha impuesto un nuevo desafío a la ciencia y la tecnología, y este nuevo modelo a su vez se relaciona profundamente con la nueva manera de comprender la relación ciencia-tecnología-ingeniería-industria en un mundo complejo y cambiante. Por ello nos proponemos desarrollar en los estudiantes la capacidad de comprensión de ese mundo que les toca vivir y de los desafíos que tendrá que afrontar el ingeniero, así como también entender el valor social de la ingeniería.

197

Palabras clave: CTS; ingeniería; formación; desarrollo sustentable; interdisciplinariedad

* *Milena Ramallo*: magíster en ciencias sociales, mención educación (FLACSO-Sede Argentina); profesora en ciencias de la educación, Universidad Nacional de Córdoba; profesora titular y directora de cátedra de Ingeniería y Sociedad; directora de la Unidad Docente Básica Cultura e Idiomas en la Facultad Regional Buenos Aires (FRBA), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Argentina. Correo electrónico: ramallo.milena@gmail.com. *Elida Clara Repetto*: profesora universitaria en historia, Universidad de Buenos Aires (UBA); profesora titular y directora de cátedra de Ingeniería y Sociedad, FRBA, UTN. Correo electrónico: repettoelida@gmail.com. *María Celia Gayoso*: profesora de enseñanza media y superior en filosofía, UBA; profesora asociada en la cátedra de Ingeniería y Sociedad, FRBA, UTN. Correo electrónico: mcgayoso@gmail.com. *Rosa Giacomino*: profesora universitaria en filosofía, Universidad Católica Argentina; magíster en metodologías y tecnologías de la formación en red; Universidad de Verona, Italia; y profesora asociada en la cátedra de Ingeniería y Sociedad, FRBA, UTN. Correo electrónico: rosagiacomino@gmail.com.

O objetivo deste trabalho é apresentar as contribuições da abordagem CTS e incorporá-las à disciplina Engenharia e Sociedade nos cursos de engenharia da Universidade Tecnológica Nacional da Argentina. Esta fundamentação proporciona elementos teóricos e metodológicos para refletir sobre a pertinência deste campo de estudo-trabalho na formação de engenheiros. O seu objeto de estudo centra-se na relação entre a ciência e a tecnologia, hoje atravessada por uma nova concepção de engenharia atenta às necessidades de uma sociedade que almeja alcançar o desenvolvimento sustentável. Isso impôs um novo desafio à ciência e à tecnologia, e esse novo modelo, por sua vez, está profundamente relacionado à nova forma de entender a relação ciência-tecnologia-engenharia-indústria em um mundo complexo e mutável. É por isso que nós propomos desenvolver nos estudantes a capacidade de entender o mundo em que vivem e dos desafios que o engenheiro terá de enfrentar, bem como entender o valor social da engenharia.

Palavras-chave: CTS; engenharia; formação; interdisciplinaridade; desenvolvimento sustentável

This paper aims at presenting the contributions of STS studies to engineering education through the description of a course given within the engineering majors of Argentina's Universidad Tecnológica Nacional. The course's name is "Engineering and society" and it offers theoretical and methodological elements to reflect on the relevance of this field to the education of engineers. It centers on the relationship between science and technology and the new concept of engineering, which includes a clear responsiveness towards sustainable development and other important social needs. This new model is profoundly linked to a new way of understanding the relationship between science, technology, engineering and industry in a complex and changing world. Through the course mentioned above, we propose to help students in their understanding of the world they live in and of the challenges that engineers will have to face in the near future.

Keywords: STS; engineering; training; sustainable development; interdisciplinarity

Introducción: el campo CTS

La denominación CTS (o STS, por sus siglas en inglés: *science-technology-society*) puede ubicarse temporalmente hacia el final de la década de los 60 y principios de los 70 del siglo XX, relacionada con los movimientos sociales, ambientalistas y antinucleares, aunque las áreas de conocimiento que se consideran integrantes de este campo de estudio —la sociología del conocimiento, la historia de la ciencia, la historia de la tecnología, la filosofía de la tecnología o de la técnica— se desarrollaron antes de esta época o algunas paralelamente a ella.

Los primeros trabajos de sociología de la ciencia fueron internalistas, es decir: realizaban un análisis de las normas internas de la comunidad de científicos y a partir de allí, se establecían comparaciones entre ellas. Este enfoque no consideraba, por ejemplo, las relaciones políticas entre los científicos y el Estado. El desarrollo de los estudios CTS superó esta visión de la ciencia y de la tecnología en la medida que se propuso repensar la interrelación entre ellas y la sociedad. Tanto la visión internalista como la oposición entre humanismo-sociedad y ciencia y tecnología se hicieron evidentes en la enseñanza de la ingeniería y lo hicieron a pesar de la incorporación de disciplinas no tecnológicas en el diseño curricular.

Para Mitcham (1990), la forma en que fue comprendida la relación CTS puede dividirse en tres etapas: antigua, moderna o ilustrada y la actual.

En la comprensión antigua, las ciencias y la tecnología están separadas, no se influyen mutuamente. Ciencia y tecnología (CyT) están supeditadas a una autoridad externa a ellas, sea esta política o eclesial, por ejemplo, que les confiere un determinado valor. En cambio, en la concepción que se estructura en la modernidad, CyT se acercan, tienen una influencia recíproca y son consideradas autónomas y neutrales, en el sentido de no cargadas de ideología ni de intereses o valores morales respecto del entorno social o político. Por el contrario, el orden político y social se subordina a la CyT. Este es el modelo del proyecto ilustrado que confluyó en el positivismo y el cientificismo. Esta visión moderna admite que la ciencia progresa. Este progreso se basa en una razón autónoma, que logra la verdad siguiendo principios racionales y positivos. Alcanzar la verdad debe hacerse de modo independiente de cualquier autoridad externa a la razón, que además queda reducida a la científica o científica-técnica-instrumental, y llevará a la humanidad a la igualdad, la fraternidad, el bienestar general, la felicidad. Dentro de esta visión surge la Revolución Industrial y la inclusión de la ingeniería dentro de los estudios universitarios.

En la primera mitad del siglo del siglo XX comienzan los cuestionamientos a este pensamiento positivista en diversos ámbitos, de los que no escapa la ciencia, que se transforma en un campo complejo donde coexisten teorías que no son compatibles entre sí, echando por tierra las pretensiones universalistas decimonónicas. Para Aracil, la ingeniería es impactada por esta “nueva forma de ver el mundo” y genera un cambio importante en la concepción del ingeniero: “El triunfalismo tecnológico de principios de siglo va dejando paso a posiciones más matizadas que requieren la adopción por parte de los ingenieros de principios deontológicos que hasta entonces

habían sido relativamente postergados ante el incuestionado balance positivo de su labor” (2000: 13).

Torres Albero (1994) se cuestiona: ¿cambia o progresa la ciencia? Muestra así el giro de la pregunta sobre el progreso a la pregunta sobre el cambio. Este giro se inició con *La estructura de las revoluciones científicas* (1962) de Thomas Kuhn y se impulsó desde dos ideas centrales: la de “comunidad científica”, en tanto actividad netamente social, y la noción de “paradigma” como constelación de creencias, conocimientos, valores, métodos y prácticas, lenguaje e intereses que articula la actividad de investigación. Aunque este planteo se aplica inicialmente a la ciencia, ha trascendido tal ámbito y se utiliza en otros campos.

Olivé (2007) reconoce la importancia de la contribución de Kuhn para abrir a una mejor comprensión de la relación entre la ciencia y la sociedad, que vale también para los sistemas tecnológicos. Los sistemas científico-tecnológicos, además de tener en su acción propia una estructura comunitaria, se hallan a su vez inmersos en una sociedad concreta en la cual despliegan su acción. Desde esta perspectiva, cabe plantear un “nuevo contrato social” para la ciencia y la tecnología, que enfatiza la interdependencia entre ciencias básicas y aplicadas, investigación y desarrollo e innovación, donde el complejo funciona integrado y cada sector necesita del otro. Y, dado que la mayor parte de la investigación en ciencia y tecnología se financia con fondos públicos, es necesario que los ciudadanos y los gobernantes participen en la reflexión acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, así como de su importancia e incidencia en la sociedad y en la naturaleza.

200

La introducción del concepto de cambio en lugar de progreso implicó el reconocimiento de factores externos a la razón exclusivamente científica, autónoma, independiente: el reconocimiento de, por ejemplo, factores sociales o políticos. Si bien se coloca como precursor a Kuhn, es en Toulmin en donde se ancla el giro más significativo:

“... es en el proceso de transición de la idea de progreso a la de cambio, donde la obra de Toulmin (1977) cobra una especial relevancia por cuanto que es el primer autor que partiendo de los tópicos de la filosofía de la ciencia, elabora un modelo en el que los factores sociales, junto a los estrictamente cognitivos, desempeñan un papel relevante en la génesis y estructuración del desarrollo científico” (...) “Con este cambio de lente se pone fin al drama moralista bajo el cual se ha concebido durante mucho tiempo, y en parte se sigue concibiendo, el desarrollo de la ciencia. Así, dentro de un cosmos maniqueo, aparecen de un lado, vestidos de blanco, la razón, la experiencia, la verdad, la validez y la objetividad; de otro con ropajes negros se alinean la cultura, la autoridad, la costumbre, el dogma y la convención” (Barnes, 1986: 57, citado por Lamo de Espinosa, González García y Torres Albero, 1994).

La ciencia perdió así la mirada de certidumbre que sedujo desde la revolución industrial (González García, López Cerezo y Luján López, 1997).

Asimismo, surgen teorías sobre el cambio tecnológico, con Thomas Hughes, Wiebe Bijker y Trevor Pinch como los representantes más significativos. Estos autores proponen comprender la complejidad y el dinamismo del proceso sociotécnico, evitando caer en determinismos tanto tecnológicos como sociales, es decir: sostienen la construcción de una visión del desarrollo tecnológico en el que se integran artefactos y actores de forma no lineal. En particular Hughes analiza las tecnologías como sistemas que en algún punto de su desarrollo parecieran experimentar una autonomía que dependerá de los diferentes y heterogéneos grupos que componen dicho sistema.

Algunos movimientos sociales de fines del siglo XX son críticos del desarrollo tecnológico y del *establishment* e impulsan el ideal de democracia participativa y el control popular de la ciencia y la tecnología, mostrando que el ideal del progreso por la ciencia y la tecnología ha revelado lo contrario a lo que proponía. En esa dirección, Cutcliffe (1990) sostiene que estos movimientos —denominados “románticos”— se introdujeron en el ámbito educativo, buscando “iluminar” a los estudiantes acerca del impacto social negativo de la ciencia y la tecnología en su futuro trabajo, adoptando posiciones anticientíficas, anti-tecnológicas, anti-*establishment*. Esta es la primera etapa de la influencia de estos movimientos en la educación.

En la segunda etapa, estas posiciones fueron superadas para dar paso a la interrelación de la CyT con los procesos sociales. En las universidades se originaron los programas de CyT para humanidades y de humanidades para los científicos y tecnólogos. Los programas provenientes del ámbito ingenieril realizaban el valor social de la ciencia y de la tecnología. Es el caso de los programas de alfabetización tecnológica, que aspiran a formar ciudadanos reflexivos y críticos de los cambios tecnológicos, capaces de tomar decisiones acerca de la tecnología que se emplea o crea, basadas en valores.

201

Ante los dos modelos de vinculación de CyT, el antiguo y el moderno, Mitcham (1990) propone un tercer modelo superador del cuestionamiento romántico y de la crítica de los movimientos sociales, basado en los estudios de historia de la ciencia y de la tecnología, en las diversas formas en que los estudios CTS se pueden interrelacionar, explicita las influencias sociales, religiosas, culturales que la afectan, incluso cuando la CyT hayan negado la existencia de tales influencias. Ciencia y tecnología no son autónomas, ni neutrales, sino que constituyen complejas interrelaciones configuradas por valores.

Respecto de la interacción entre tecnología y cultura, Quintanilla (2017) señala como lo específico de la tecnología actual el tipo de cultura que requiere y la intensidad con la que impacta en lo cultural. Por un lado, está la dependencia que la tecnología tiene del conocimiento científico y la que, a su vez, condiciona. Por otro, el desarrollo de tecnología está sostenido por la vigencia de determinados valores en la sociedad, a la que, al mismo tiempo, modifica a través de sus productos y procesos. La innovación, al generar nuevas posibilidades y realidades, altera los sistemas de preferencias y lleva a cambiar los sistemas de valores. Esta forma en que la tecnología afecta a la cultura no es ocasional sino continua, sistemática y general. Desde esta consideración, la lógica misma del desarrollo tecnológico amplía las

perspectivas, promueve la interdisciplinariedad y busca criterios para evaluar cómo intervenir en la realidad previendo las consecuencias a futuro.

Thomas *et al.* consideran que las tecnologías son sociales como así también las sociedades son tecnológicas. Ambas son resultado de una configuración recíproca. Por eso sostiene que es falaz concebir las relaciones entre la tecnología y la sociedad como si se tratara de dos esferas separadas. Más aún:

“... las tecnologías desempeñan un papel en los procesos de cambio social: materializan ideologías, orientan conductas de personas e instituciones, ordenan y organizan la estructura económica y política de la sociedad. Las tecnologías ejercen influencia sobre cómo se producen y distribuyen los bienes, sobre quienes tienen acceso a ellos y quienes no: configuran métodos y estilos para determinar qué es un problema, cómo debe generarse su solución” (Thomas, Juárez y Picabea, 2015: 11).

En este sentido, los programas de I+D, mediante los cuales se canaliza la mayor parte de la investigación en ciencia y tecnología, combinan decisiones políticas, actividades propias de la investigación y el diseño y procesos de evaluación interna y externa. La importancia de la evaluación externa de la tecnología (idoneidad y evaluación de consecuencias: riesgos, impacto ambiental y social) está justificada porque sabemos cómo la tecnología nos afecta, porque el cambio es rápido y hay que prever su impacto hacia el futuro y “porque hemos llegado a convencernos de que el desarrollo tecnológico depende de decisiones humanas y de que se puede orientar tal desarrollo en múltiples direcciones, de acuerdo con nuestros intereses o en contra de ellos” (Quintanilla, 2017: 127)

202

El campo CTS pone de manifiesto que las influencias son constantes y que el problema consiste no en deshacerse de ellas, sino en poder escoger las influencias. Este modelo es compatible con la tercera etapa, según Cutcliffe (1990), en la cual en las universidades se toma conciencia de la interdisciplinariedad, del compromiso existente entre humanidades, ciencias sociales y CyT, como estudio interdisciplinario en el marco de la propia CyT. Asimismo, los abordajes CTS conforman un “movimiento centrípeto” para constituir nuevas síntesis, mediante el equilibrio entre fuerzas centrífugas y centrípetas, y alcanzar una comprensión holística.

De lo anterior se desprende que la relación CTS es recursiva. Los programas universitarios basados en esta visión requieren integrar el funcionamiento de la ciencia y la tecnología con los procesos sociales. Consideramos que esta relación posibilita identificar los valores políticos, culturales y económicos que fortalecen dicha comprensión holística en la formación de los ingenieros.

1. Nuestra propuesta de enseñanza

La asignatura “Ingeniería y sociedad” (IS) se sitúa en el primer año de los planes de estudio de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de la República Argentina y se inscribe en los aspectos formativos relacionados con las ciencias sociales y humanidades, considerados indispensables para lograr la formación integral del ingeniero (Resolución Min. 1232/01). Esta formación requiere de una integración de la dimensión técnica y humanística que capacite al ingeniero para interpretar el mundo actual y actuar de manera innovadora, junto a otros y con responsabilidad social para la resolución de problemas de la sociedad.

Los contenidos mínimos de la materia pueden ser pensados como disciplinas científicas sociales-humanas: incluyen economía, ciencia política, sociología, historia de la industria, ética y epistemología, entre otras. Esto, como es sencillo de comprender, muestra una realidad interdisciplinar y desafía la conexión entre ellos, como así también plantea la necesidad de una cuidadosa selección de contenidos dentro de estas disciplinas.

La finalidad de IS es ofrecer una visión social de la profesión de la ingeniería que promueva en los estudiantes el desarrollo de una actitud crítica ante la acción de la ciencia y la tecnología en la sociedad, en la que se desempeñará como profesional. Esto supone, por un lado, desarrollar capacidades inherentes a la comprensión del impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis y de síntesis y el espíritu crítico del estudiante. Por otro lado, implica brindar herramientas para movilizar su vocación creativa, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, bajo el supuesto de que el desarrollo de las mismas posibilitará una inserción competitiva y crítica en la sociedad nacional y regional.

203

Entendemos que el estudiante de hoy necesita incorporar el lenguaje que la sociedad del conocimiento emplea para denominar los fenómenos actuales y los procedimientos que el mundo científico considera válidos para justificar y elaborar nuevas propuestas. Si no se participa de esa matriz cultural, en un mundo globalizado se pierde la posibilidad de entrar en diálogo y contribuir a la construcción del saber. El estudiante de hoy será el profesional que aborde proyectos de investigación y desarrollo bajo criterios científicos cuya base encuentra en los contenidos propuestos por IS.

Este propósito es, asimismo, acorde al perfil de egresado de la UTN: un profesional formado en competencias tecnológicas específicas en cada una de las ingenierías, desarrolladas en conjunto con las necesarias para el desempeño gerencial, así como para la investigación, el cambio y la innovación tecnológica, responsable de sus acciones y posibilitador del desarrollo social, laboral y productivo. Este ideario se refuerza en el Plan Estratégico propuesto por la FRBA (Facultad Regional Buenos Aires, 2014), delineando como misión la formación de profesionales críticos e innovadores, capaces de mejorar el entorno en el que están insertos y la calidad de vida, desde una visión ética y de responsabilidad social. En esta misma línea, también el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, 2014) destaca que el rol de la ingeniería es fundamental para el bienestar de la sociedad y su calidad de vida,

condiciones necesarias para el desarrollo sostenible local y regional, asumiendo una mirada amplia, integradora y sistémica del mundo, tanto desde lo técnico como desde lo social.

En tal sentido, el carácter de esta propuesta es flexible, abierto al contexto dinámico y perfectible ante los cambios políticos, tecnológicos, económicos y productivos de un desarrollo social basado en la gestión del conocimiento, el que claramente ha impuesto un nuevo desafío a la ciencia y la tecnología. Para ello, es fundamental el aporte de las ciencias sociales y humanas en la formación del ingeniero.

2. Aportes de IS a la formación tecnológica de los ingenieros

El diseño curricular de la UTN propone, como perfil de egresado, un profesional con las competencias tecnológicas específicas en cada una de las especialidades de las ingenierías, desarrolladas en conjunto con las necesarias para el desempeño en gestión o en investigación tecnológica, con una mirada de formación integral. Esta formación le posibilita una inserción competitiva y crítica en la sociedad a nivel nacional y regional. Dentro de esta perspectiva se incorpora la asignatura “Ingeniería y Sociedad”, cuyo programa sintético es el siguiente: pensamiento científico; ciencia-tecnología-desarrollo; tecnología y universidad; problemas sociales contemporáneos; políticas de desarrollo nacional y regional; y la Argentina en el mundo actual. Estos bloques temáticos incluidos permiten alcanzar el perfil y los objetivos propuestos.

204

Nuestro objetivo principal consiste en que el estudiante comprenda que la ingeniería hoy está inserta en el modelo de desarrollo sustentable que implica una nueva manera de pensar la relación entre ciencia, tecnología e industria, asumiendo una concepción proactiva de la sociedad. De este objetivo se desprenden otros con los que buscamos que el estudiante:

- comprenda las relaciones entre ciencia y tecnología, en relación con fenómenos sociales, políticos y económicos del mundo contemporáneo;
- comprenda el aporte de las ciencias sociales y humanas en la formación del ingeniero, para ayudar a pensar la realidad, evitando reduccionismos o binarismos, condicionantes en la percepción de “lo dinámico” y “lo complejo”, tan importante en su futura vida profesional;
- adopte una mirada de la realidad social como construcción colectiva;
- asuma una visión holística-integral de la ingeniería a través de la cual su carácter transformador sea crítico y responsable, propendiendo a crear un mundo habitable, solidario y cuidadoso del medio ambiente, con justicia y equidad;
- reconozca y reflexione críticamente las interrelaciones entre la ingeniería y la industria, comprendiendo la importancia del cambio tecnológico y sus consecuencias sociales, teniendo en cuenta el proceso de la Revolución Industrial;

- conozca y advierta las transformaciones políticas, tecnológicas y económicas de la sociedad actual, interdependiente y globalizada;
- y desarrolle una actitud colaborativa y ética, promoviendo un alto grado de compromiso y apasionamiento por el conocimiento.

Entendemos que estos objetivos exponen una concepción de estudiante universitario de ingeniería como un joven inquieto, abierto a la comprensión de las necesidades de su ambiente, situado en un contexto sociocultural, pensante y crítico, capaz de problematizar los problemas de la sociedad en que vive y de actuar transformando la realidad en respuesta a esas necesidades.

En primer lugar, consideramos que IS aporta elementos para complementar la formación básica del primer año de las carreras, contribuyendo a la comprensión de lo que es ciencia, cuál es la distinción con la tecnología, la distinción tecnologías básicas y tecnologías aplicadas, el método científico y el método tecnológico, el porqué del laboratorio en las ciencias modernas y de las ciencias básicas en la formación del ingeniero, así como la génesis de la ingeniería moderna y el papel de la universidad, su cambio en interacción con la sociedad y la noción de desarrollo, entre otras conceptualizaciones. Este aporte también puede extenderse a todos los años de formación básica, en la que cada carrera define los ejes articuladores con las materias integradoras.

En segundo lugar, los objetivos brindan la posibilidad de interpretar el mundo actual en su complejidad local y global, reconociendo el paradigma científico-tecnológico en el que se encuentra inserto, como así los procesos sociopolíticos y económicos que configuran nuestro presente. En esta línea profundizamos el desarrollo de criterios para valorar estas configuraciones y los avances tecnológicos.

205

En síntesis, “Ingeniería y sociedad” aporta una mirada analítica y reflexiva sobre la sociedad en la que el estudiante vive y desempeñará su profesión, un acercamiento a la proyección de su carrera dentro y fuera de nuestro país, la especificidad del conocimiento científico y tecnológico que constituye la base en la que desarrollará su estudio formativo y una apertura a los problemas ambientales producto del impacto que el desarrollo científico y tecnológico provoca en el mundo. Este es un aspecto priorizado en los objetivos de la asignatura y nos parece muy importante destacar la vinculación entre los fines del actuar, la libertad en las elecciones y la responsabilidad social del ejercicio profesional. Es así que la problemática del desarrollo sustentable y la responsabilidad social resultan prioritarios.

En cuanto a la articulación de IS con otras asignaturas, se brindan herramientas para fortalecer aptitudes y competencias relacionadas con la toma de decisiones, el trabajo interdisciplinario en el área ingenieril, la distinción de posturas éticas en el uso de la tecnología, la búsqueda y el procesamiento de la información, el compromiso ante el desarrollo sustentable y la conciencia de responsabilidad social, entre otras. En este sentido, IS se articula verticalmente con las asignaturas integradoras de cada nivel y también con otras materias más específicas, como por ejemplo: “Ingeniería

ambiental y seguridad industrial” (ing. mecánica), “Evaluación y gestión de proyectos de ingeniería sustentables” (ing. mecánica), “Responsabilidad social empresaria para ingenieros” (ing. industrial), “Innovación y emprendedorismo” (ing. industrial), “Investigación Tecnológica” (ing. en sistemas de información.), “Innovación tecnológica” (ing. en sistemas de información), “Proyecto final” (en todas las carreras), “Inglés técnico y comunicacional”, “Economía y legislación”, etc.

Si bien aún no es posible afirmar formalmente la existencia de una planificación didáctica sobre estas posibles articulaciones, su viabilidad depende casi exclusivamente de la disposición de los directores de las cátedras involucradas. De todas maneras, la posibilidad es real porque sí existen los espacios académicos para que esto suceda. A modo de ejemplo: en la carrera de ingeniería mecánica, IS se podría articular horizontalmente con “Ingeniería mecánica I” (asignatura integradora), ya que las categorías analíticas de investigación y transferencia tecnológica pueden aplicarse en ambas asignaturas. Asimismo, en asignaturas como “Física” o “Química”, las actividades de laboratorio se basan en la aplicación del método científico, en la búsqueda de construcción de conocimientos. En IS se desarrollan contenidos relacionados con el quehacer científico (planteo del problema, formulación de hipótesis, observación y experimentación, etc.) que se podría articular con la práctica de laboratorio ya mencionada. En cuanto a la articulación vertical, en asignaturas como “Ingeniería ambiental y seguridad industrial” (del segundo año) se podrían recuperar las nociones previas sobre el impacto de la tecnología, el desarrollo industrial y medio ambiente. Finalmente, también en asignaturas de años superiores, las herramientas conceptuales y de análisis que brinda IS permitirían a los estudiantes desarrollar sus producciones dentro de una visión holística del trabajo ingenieril, que involucra a otras especialidades y disciplinas, actuando con responsabilidad social.

206

Por lo dicho en el desarrollo de la propuesta, nos centramos en pensar, desde IS, en la integralidad de los saberes científicos, tecnológicos, sociales, actitudinales y de valores. Es necesario enfatizar que, si bien dicha articulación es aún una posibilidad, consideramos que es factible y es parte del trabajo que venimos proyectando en los últimos años.

3. CTS como eje de IS

Como área interdisciplinaria, IS tiene como eje fundamental la relación CTS, teniendo especialmente en cuenta una concepción de la ingeniería atenta a las necesidades de una sociedad que anhela alcanzar el desarrollo sustentable (DS). Dicho desarrollo pone el énfasis en el trípode: entorno-equidad económica-equidad social, incluyendo aspectos culturales, éticos, políticos y económicos, y atendiendo a las necesidades y exigencias de cada región, buscando superar el enfoque medioambientalista desde una dimensión que abarque lo humano. La ingeniería, como profesión tradicionalmente protagónica en lo que hace a la generación del conocimiento técnico-científico, debe repensarse para contribuir a ese nuevo paradigma, que supone no sólo la visión crítica de la ingeniería, es decir: una ingeniería que

comprende el poder de lo que produce y su capacidad de impacto tanto en lo ambiental como en lo humano, lo social y lo político, sino también una comprensión proactiva de lo social, asumiendo que la sociedad es construida a través de numerosos esfuerzos compartidos.

La ingeniería ha sido definida como:

“... la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se puedan utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad” (Sobrevila, 1999: 77).

Y también como:

“... el conjunto de conocimientos y técnicas científicas, empíricas y prácticas aplicadas a la invención, el diseño, el desarrollo, la construcción, el mantenimiento y el perfeccionamiento de tecnologías, estructuras, máquinas, herramientas, sistemas, materiales y procesos para la resolución de problemas prácticos de la sociedad, empleando para ello en particular las fuerzas y los materiales que nos provee la naturaleza, considerando las restricciones presentes, sean físicas, ambientales, éticas, legales y culturales de dicha sociedad”. (Dmitruk y Grinsztajn, 2016: 3).

207

Como podemos observar ambas definiciones resaltan el carácter complejo de la actividad ingenieril, que no se reduce a ciencia fisicomatemática aplicada. Por el contrario, todo problema de ingeniería constituye a su vez un desafío de carácter social, ya que su resolución ha de considerar las implicancias socioeconómicas, legales, ambientales y éticas. Requiere de una mentalidad creativa e innovadora, pues el ingeniero siempre tiene que vérselas con lo aproximado y lo concreto (Sobrevila, 1988). Lo singular de cada problema a resolver y las restricciones a las que está sometido todo proyecto muestran:

“... zonas indeterminadas de la práctica -tal es el caso de la incertidumbre, la singularidad y el conflicto de valores- que escapan a los cánones de la racionalidad técnica. Cuando una situación problemática es incierta, la solución técnica del problema depende de la construcción previa de un problema bien definido, lo que en sí mismo no es una tarea técnica. Cuando un práctico reconoce una situación como única, no puede tratarla solamente mediante la aplicación de teorías y técnicas derivadas de su conocimiento profesional. Y, en situaciones de conflicto de valores, no hay metas claras y consistentes que guíen la selección técnica de los medios” (Schön, 1992: 4).

Ante esta situación la prerrogativa del rigor científico no alcanza para definir una toma de decisión. Depende de la definición del problema, de la selectividad de lo relevante. Esto expresa Hardy Cross al sostener que la ingeniería implica tomar decisiones relevantes, a fin de encontrar un conjunto de soluciones satisfactorias para un problema determinado (Cross, 1998).

La ingeniería se muestra como profesión social y técnica en cuanto soporte que posibilita la modificación de todo sistema. Se orienta hacia la construcción y transformación de lo real mediante el desarrollo de tecnología con el fin de responder a las necesidades humanas.

“La idea que sostenemos es que el trabajo del ingeniero, sus concepciones geniales y la operación y gerenciamiento racional de las mismas están basadas siempre en necesidades o en problemas sociales. Esto ocasiona un giro sustancial en la concepción de la ingeniería y la relaciona directamente con la cultura y el humanismo. Más aun, hace penetrar a la ingeniería en la cultura y la convierte en uno de sus componentes. La ingeniería toma al ser humano como motivo de sus actos y al medio ambiente, como un bien de valor extremo, al que hay que cuidar y desarrollar lo mejor posible...” (Sobrevila, 1999: 72).

208

Su íntima relación con el diseño, la invención y la construcción se aprecia desde el origen etimológico de la palabra ingeniería: proviene de *ingenium*, término latino con dos significados principales: “disposición natural del espíritu genial” e “invención”, o también “cosa inventada”, que agrega el latín medieval. Así, el ingeniero se destaca por su inteligencia inventiva, ejercida sobre la práctica, para hallar soluciones nuevas a las rutinarias. Implica habilidad (experiencia), conocimiento e imaginación. La ingeniería es un “arte” (Cross: 1998). Por lo tanto, el ingeniero requiere emplear el juicio propio para adaptar el conocimiento a los fines prácticos, la creatividad para idear nuevas soluciones a problemas concretos y anticipar desempeño y consecuencias futuras como también valorar los costos de los procesos.

Desde un enfoque diferente pero complementario podemos agregar que:

“La ingeniería es una actividad netamente intelectual, creadora, industrial y constructiva, que permite erigir obras y productos y operarlos con un sentido integral económico y empresario, bajo imperativos humanos de respeto por la vida, la preservación de la biosfera y los recursos de que dispone el hombre” (Sobrevila, 1999, 78-79).

En el perfil del ingeniero se destaca el liderazgo, habilidad para conducir un grupo de personas, organizar y delegar tareas, procurando el bien de todos; la evaluación de información, habilidad para seleccionar y organizar los datos en función de la planificación y toma de decisiones; la capacidad analítica para plantear problemas de manera clara y definir estrategias óptimas (podríamos mencionar aquí la

planificación); la creatividad, ya que lo propio del ingeniero es el diseño y la innovación, la creación de lo que todavía no existe; la capacidad de comunicar de forma clara, oral y escrita las ideas, proyectos y directivas; el trabajo en equipo, ya que el ingeniero no trabaja en soledad, sino con otros a quienes ha de escuchar y con los que tendrá que consensuar; y una formación ética y social que guíe la toma de decisiones (Romero Hernández, Romero Hernández y Muñoz Negrón, 2014).

Teniendo en cuenta estos desafíos, nos proponemos desarrollar en los estudiantes la capacidad de comprensión de ese mundo que le toca vivir y de los desafíos que tendrá que afrontar el ingeniero. También con las herramientas conceptuales y de análisis que brinda IS para entender el valor social de la ingeniería dentro de este nuevo paradigma, nos planteamos la necesidad de reflexionar sobre la autonomía y la responsabilidad de las personas en un sentido comunitario, humanizando los bienes culturales y naturales, cambiando la percepción sobre nuestro entorno como una posibilidad para explorar y preservar, conservando y valorando la vida y su sentido para todos los que la habitan, asumiendo un modo de vivir que destaque la diversidad como una forma de riqueza y desarrollo, para lograr un cambio en los estilos de vida consumistas, hacia una reflexión ética y social de las consecuencias de nuestras decisiones y acciones.

Como corolario, formar ingenieros críticos, con capacidad de transformación y responsables técnica, social y políticamente, implica formar para la resolución creativa de problemas científicos, tecnológicos y sociales complejos; la innegable naturaleza histórica del desarrollo de las relaciones sociales nacionales, regionales e internacionales; la humanización del mundo; y la comprensión e intervención en la sociedad en la que se vive. Esto se logra a través de una visión holística (CTS) y sólidos conocimientos teórico-prácticos específicos de la ingeniería y otros conocimientos epistemológicos, sociales y éticos.

209

3.1. ¿Cuáles son los desafíos que implica asumir el enfoque CTS en la propuesta de enseñanza de IS?

Esta propuesta es de carácter interdisciplinar. Supone varios desafíos, tanto para el profesor como para el alumno, que es necesario considerar.

Para lograr la interdisciplinariedad, el trabajo en el aula requiere de una configuración didáctica especial en la que se puedan advertir no sólo las dimensiones básicas que contiene cualquier construcción didáctica —tales como el modo de abordar los temas del campo, su particular recorte, los supuestos acerca del aprendizaje, los vínculos con prácticas profesionales y los recursos de la actividad profesional, entre otros—, sino también la inclusión de mayores niveles de complejidad para la comprensión de temas integrados. El trabajo interdisciplinar conlleva implícitamente romper las barreras entre la teoría y la práctica, supone un trabajo colectivo que tenga en cuenta la interacción de las disciplinas científicas, de sus conceptos centrales, metodología, estrategias, etc. En definitiva, de la organización en la enseñanza. Exige, por lo tanto, generar una nueva comunicación y una nueva pedagogía, donde se establezcan vínculos entre conocimientos de diferentes disciplinas, creando formas peculiares de actuación que las potencien.

La interdisciplinariedad y el trabajo interdisciplinario proveen nuevas dimensiones y concreciones al trabajo científico, a la práctica docente y a la actividad profesional, y contribuyen al surgimiento y la consolidación de las comunidades académicas que se establecen con múltiples propósitos académicos: el estudio y la enseñanza-aprendizaje de diversos campos de la formación profesional y el desarrollo de procesos de investigación y de formación académica, entre otros.

Los desafíos para el profesor se relacionan con: el manejo multidisciplinar; la selección del eje integrador y la articulación de los contenidos de aprendizaje, en coherencia con la metodología acorde a ellos; el análisis crítico de las relaciones CTS, la inclusión de actividades de investigación para el estudio de esas relaciones; mantener el nivel académico, eligiendo los temas básicos de las disciplinas, y así posibilitar una auténtica introducción a las ciencias sociales y humanas; y llevar a una valoración del conocimiento por el conocimiento mismo, esto es: no sólo reconocer el valor instrumental del conocer, sino también comprender el potencial del conocimiento en una organización vinculada con el medio.

También supone, en el proceso de aprendizaje, la participación activa de los estudiantes para superar la visión fragmentada del conocimiento y alcanzar una visión integral y comprensiva de los problemas profesionales y una mayor conciencia de los desafíos que tendrán que afrontar como ingenieros.

210

En definitiva, nos proponemos contribuir a la formación integral de los ingenieros desde una mirada social de la profesión, que promueva en los estudiantes el desarrollo de una actitud crítica ante las acciones de la ciencia y la tecnología en la sociedad en la que se desempeñarán como profesionales. Estos objetivos suponen, por un lado, que debemos contribuir para desarrollar capacidades inherentes a la comprensión del impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, síntesis y espíritu crítico en los estudiantes. Por otro lado, implica brindar herramientas para movilizar su vocación creativa, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, bajo el supuesto de que su desarrollo les posibilitará una inserción competitiva y crítica en la sociedad nacional y regional.

Los desafíos para el alumno se vinculan con: aproximarse a un conocimiento científico de la realidad social, distinguiéndolo de la opinión; comprender la peculiaridad de las ciencias sociales; y alcanzar un nivel reflexivo sobre la ciencia y sus métodos. El estudiante incorpora el método científico a partir de materias como física, química, matemática, etc. Desde el enfoque CTS se propone reflexionar sobre esto y avanzar hacia el campo tecnológico y el vínculo con la sociedad.

Definir contenidos atravesados por la interdisciplina nos conduce a la definición de un objeto de estudio, elemento central en toda propuesta de enseñanza, fundamental para vertebrar el resto de los contenidos de la materia. Sostenemos que es necesaria una revisión de los contenidos CTS, atendiendo al contexto dinámico de los cambios políticos, tecnológicos, económicos y productivos de un desarrollo social basado en la gestión del conocimiento. Los rasgos de la educación CTS constituyen una ayuda para conseguir actitudes más positivas hacia la ciencia y su aprendizaje por su carácter motivador. También facilitan la construcción de una mirada profesional con

una visión más próxima a la realidad actual de la ciencia, la tecnología y la tecnociencia, así como del trabajo científico y tecnológico (Acevedo Díaz, Vázquez Alonso y Manassero Mas, 2001).

Algunas reflexiones

Los acelerados cambios en los conocimientos llevan a la educación superior a enfrentar importantes desafíos, ya que debe involucrarse en los procesos sociales, económicos y culturales de modos diferentes a los que conocía, propiciando el uso y la creación del conocimiento y de las innovaciones tecnológicas. En los currículos tradicionales el conocimiento se divide en compartimentos disciplinares que, por su grado de especialización, difícilmente permiten la integración disciplinaria. En consecuencia, se presenta una excesiva fragmentación de la ciencia, que hoy en día se traduce en innumerables limitaciones para abordar la complejidad de los problemas que subyacen en los ámbitos social, profesional y científico, y que requieren soluciones conjuntas desde varias disciplinas. Hoy día el conocimiento usa las redes electrónicas para intercambiarse, producirse y transformarse en tecnología. Nuestro proyecto surge como respuesta a esta problemática al promover la interacción entre la ciencia y la tecnología para abordar el estudio de un objeto específico con un nuevo enfoque, que se establece a partir del diálogo interdisciplinar.

Hemos explicitado el encuadre conceptual de “Ingeniería y sociedad”, que a nuestro entender se ajusta con el área de estudios dentro de la cual se articulan distintas disciplinas sociales y humanas en torno a un eje central: la interrelación CTS en sus diferentes aspectos económicos, políticos, etc. Así sostenemos la imperiosa necesidad de aprovechar las ciencias sociales y humanas para alcanzar la formación crítica de los ingenieros. También consideramos que el enfoque CTS es el eje más adecuado para IS porque ayuda a pensar esas relaciones complejas y dinámicas que se plantean y se materializan en gran medida en el ejercicio de la ingeniería. Esto se pone en evidencia a través de todos los contenidos de la materia, atravesados por esa problemática y su comprensión, dejando de lado reduccionismos y determinismos.

Los estudios CTS no son un campo uniforme; su desarrollo y evolución marcan una nueva y fructífera posibilidad educativa y de conocimientos propia de una época de crisis y novedades como la que estamos viviendo. Las complejas interrelaciones CTS plantean la aceptación de un conjunto de valoraciones que, por estar relacionadas con los problemas de la realidad, se encuentran en evolución constante. Asimismo, brindan a la formación de los futuros ingenieros una mirada crítica, acertada y concisa de este entramado sistémico pluridimensional. Entendemos que el desarrollo sustentable ha impuesto un nuevo desafío a la ciencia y la tecnología, y este nuevo modelo a su vez se relaciona profundamente con la nueva manera de comprender la relación ciencia-tecnología-ingeniería-industria en un mundo complejo y cambiante. En síntesis, sostenemos que IS es una de las principales contribuciones culturales para la formación holística de los ingenieros, que su núcleo está constituido por saberes integrados, y que hoy en el nuevo enfoque de la ingeniería dichos saberes están articulados a los propiamente ingenieriles.

Por último, proponemos algunas reflexiones, invitando al intercambio con otros grupos de estudio y trabajo que comparten preocupaciones y desafíos similares, pensando en una construcción colectiva y de articulación del área de ciencias sociales y humanas para la formación de ingenieros:

- La formación integral del estudiante deberá recorrer todo el currículo.
- La comprensión de la ingeniería dentro del paradigma de desarrollo sustentable requerirá un cambio cultural.
- El desarrollo de prácticas educativas innovadoras y de medios comunitarios de aprendizaje colaborativo, como escenarios pedagógicos y de aprendizaje, deberá brindar nuevas maneras de interacción con los conocimientos y nuevas experiencias requeridas en la práctica profesional de la ingeniería.
- El proceso de alfabetización científica-tecnológica deberá estar orientado a sustentar el poder de la ciudadanía y la reinserción del conocimiento producido en la universidad como parte de la cultura.
- El perfil del ingeniero deberá fortalecer su vocación creadora para construir el desarrollo local, nacional y regional.

Por lo dicho, la orientación del área de ciencias sociales y humanas deberá incluir el impulso de diversas actividades académicas: cursos de formación docente o vinculada con las asignaturas afines, trabajos de investigación y de desarrollo con el medio, visitas, exposiciones científicas-tecnológicas, etc. Es decir: deberá promover la actualización de los contenidos del área a través de las actividades de investigación y formación, la conexión con el medio laboral y social y la generación de formas de retroalimentación de conocimientos y experiencias necesarias para enriquecer la práctica académica.

Bibliografía

ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, A. y MANASSERO MAS, M. A. (2001): *El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias*. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>. Consultado en abril de 2018.

ARACIL, J. (2000): “Humanidades e ingeniería”, conferencia pronunciada en la Universidad de La laguna, España.

CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA – CONFEDI (2014): Documentos del CONFEDI. Competencias en Ingeniería, Mar del Plata, Universidad FASTA. Disponible en <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/409>. Consultado el 13 de abril de 2018.

CROSS, H. (1998): *Ingenieros y las torres de marfil*, Madrid, INTEMAC. Disponible en <https://es.slideshare.net/joaquinramiguez/ingenieros-y-las-torres-de-marfil-pdf>. Consultado el 13 de abril de 2018.

CUTCLIFFE, S. (1990): “Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar en Ciencia, Tecnología y Sociedad”, en M. Medina y J. Sanmartín (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthrosos.

DMITRUK, A. y GRINSZTAJN, F. (2016): “La Formación de los Ingenieros”, *ReDDI – Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza*, vol. 1, n° 1. Disponible en: <http://reddi.unlam.edu.ar/index.php/ReDDi/article/view/6/29>.

213

FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES (2014): *Plan Estratégico Institucional UTN–FRBA*. Disponible en: <https://www.frba.utn.edu.ar/es/plan-estrategico/>. Consultado el 13 de abril de 2018.

GONZÁLEZ GARCÍA, M., LÓPEZ CEREZO, J. y LUJÁN, J. L. (1997): *Ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Editorial Ariel.

LAMO DE ESPINOSA, E., GONZÁLEZ, GARCÍA, J. M. y TORRES, ALBERO, C. (1994): *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza Editorial.

MITCHAM, C. (1990): “En búsqueda de una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad”, en M. Medina y J. Sanmartín (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthrosos.

OLIVÉ, L. (2007): *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*, México DF, FCE.

QUINTANILLA, M. (2017): *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*, México DF, FCE.

ROMERO HERNÁNDEZ, S., ROMERO HERNÁNDEZ, O. y MUÑOZ NEGRÓN, D. (2015): *Introducción a la ingeniería*, México DF, CENGAGE Learning.

SCHÖN, D. (1992): “La preparación de profesionales para las demandas de la práctica”, *La Formación De Profesionales Reflexivos*, Barcelona, Paidós. Disponible en <http://csmvigo.com/pedagogia/files/2016/07/D.A.-SCH%C3%96N-LA-FORMACI%C3%93N-DE-PROFESIONALES-REFLEXIVOS.pdf>. Consultado el 13 de abril de 2018.

SOBREVILA, M. A. (1999): *La formación del ingeniero profesional para el tiempo actual: tesis de las ingenierías de base*, Buenos Aires, Academia Nacional de Educación. Disponible en: <http://www.acaedu.edu.ar/BibliotecaDigital/LibrosBD/pdf/18-%20Sobrevila%20-%20La%20formacion%20del%20ingeniero%20profesional.pdf>.

SOBREVILA, M. A. (1988): *La profesión de ingeniero*, Buenos Aires, Marymar.

THOMAS, H., JUÁREZ, P. y PICABEA, F. (2015): *¿Qué son las Tecnologías para la inclusión social?*, Bernal, Ed. Red de Tecnologías para la Inclusión Social Argentina (Redtisa) y Universidad Nacional de Quilmes (IESCT). Disponible en: https://issuu.com/redtisa/docs/cuadernillo_n1_online.

TORRES ALBERO, C. (1994): *Sociología política de la ciencia*, Madrid., CIS n° 135 y Siglo XXI.

214

TOULMIN, S. (1977): *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, Madrid, Alianza.

Cómo citar este artículo

RAMALLO, M., REPETTO, E. C., GAYOSO, M. C. y GIACOMINO, R. (2019): “Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS en la formación de los ingenieros”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 197-214.

**Estudios críticos sobre algoritmos:
¿un punto de encuentro entre la ingeniería y las ciencias sociales?**

**Estudos críticos sobre algoritmos:
um ponto de encontro entre engenharia e ciências sociais?**

***Critical Studies on Algorithms:
A Meeting Point between Engineering and the Social Sciences?***

Carlos E. Gómez *

Estamos en la era del algoritmo o, como señalan algunos expertos, en una “algocracia” donde las matemáticas y las ciencias de la computación se están transformando en un poderoso mecanismo de influencia, conformando y guiando nuestro comportamiento y la gobernanza de la sociedad. La “algocracia”, más allá de nuestra visión o de nuestra voluntad de acción, condiciona cada vez más nuestra existencia, y su uso creciente, al mismo tiempo que nos dota de una poderosa herramienta de conocimiento, nos restringe, manipula, controla y provoca, algunas veces de manera más benigna y otras de forma más riesgosa y problemática. De momento percibimos de manera confusa su efectividad y legitimidad. Las ciencias sociales y la ingeniería tienen un campo de trabajo en común y de dialogo para hacer frente a los nuevos desafíos sociales que plantea la sociedad digital. Este trabajo describe e identifica algunos ejes centrales que se plantean en los estudios críticos sobre algoritmos, sus propiedades fundamentales y los problemas sociales, éticos, políticos y legales producidos o reforzados por su utilización, y las metodologías de las ciencias sociales más aptas para analizarlos.

215

Palabras clave: algoritmos; ciencias sociales; ingeniería; investigación

* Docente investigador del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional-Regional San Nicolás (FRSN-UTN) y profesor titular de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FTS-UNER), Argentina. Correo electrónico: cegomez@frsn.utn.edu.ar.

Estamos na era do algoritmo o, como alguns especialistas apontam, em uma “algocracia” onde a matemática e a ciência da computação estão se transformando em um poderoso mecanismo de influência, moldando e guiando o nosso comportamento e a governança da sociedade. A “algocracia”, além de nossa visão ou nossa vontade de ação, condiciona cada vez mais a nossa existência, e o seu uso crescente, ao mesmo tempo em que nos dota de uma poderosa ferramenta de conhecimento, nos restringe, manipula, controla e provoca, algumas vezes de forma mais benigna e outras de forma mais arriscada e problemática. Na hora percebemos de modo confuso sua efetividade e legitimidade. As ciências sociais e a engenharia têm um campo de trabalho em comum e de diálogo para enfrentar os novos desafios sociais colocados pela sociedade digital. Este trabalho descreve e identifica alguns eixos centrais que surgem nos estudos críticos sobre algoritmos, suas propriedades fundamentais e os problemas sociais, éticos, políticos e legais que são produzidos ou reforçados pelo seu uso, e as metodologias das ciências sociais mais adequadas para analisá-los.

Palavras-chave: algoritmos; ciências sociais; engenharia; pesquisa

We are in the Era of the Algorithm or, as is pointed out by some experts, in an “algocracy” where math and computer sciences are becoming a powerful mechanism that influences and guides our behavior and the governance of society. This “algocracy”, beyond our vision or will for action, more and more conditions our existence. In addition, its increasing use, while providing us with a powerful tool for knowledge, also restricts, manipulates, controls, and provokes us, at times in a benign way and at others in a riskier and more problematic one. At present, our perception confuses its effectiveness and legitimacy. Engineering and the social sciences have a common field of work and dialogue to face the new social challenges presented by the digital society. This paper describes and identifies some lynchpins that are set forth in critical studies on algorithms, their fundamental properties and social, ethical, political and legal issues, which are produced or reinforced by their use, as well as the most suitable social science methodologies to analyze them.

Keywords: algorithms; social sciences; engineering; research

Una aclaración

Este trabajo requiere de una breve presentación aclaratoria, ya que parte de un desconocimiento de las particularidades profundas del objeto que se intenta abordar, al menos en su vertiente de más pura materialidad. Cierta inevitable inseguridad científica al entrar en campos tradicionalmente ajenos a las ciencias sociales, no obstante, no supone desconocer los múltiples y fructíferos vínculos existentes entre tecnólogos y científicos sociales dentro del amplio campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Hablar de estudios críticos sobre algoritmos, en cambio, carece de una adecuada tradición y nos remite sin más a la pura actualidad. Nos transforma en unos profanos que intentan inmiscuirse en disciplinas de una cierta ajenidad.

Acercarse al análisis de un particular campo de conocimiento, sin muchos juicios previos y con gran curiosidad intelectual, constituye un ejercicio estimulante para elaborar esta aproximación a un objeto de estudio con el bagaje de un “inexperto”, al menos sobre las coordenadas profundas que constituyen y conforman el campo de conocimiento de las ciencias matemáticas y de la computación. Este trabajo intenta ser una reflexión fundamentada sobre un área de conocimiento a la que las ciencias sociales, fundamentalmente la sociología y la antropología, comenzaron a acercarse en los últimos años, de la misma forma en que los antropólogos clásicos se acercaban a territorios desconocidos, sobre los cuales tenían escasos conocimientos previos y, por lo tanto, escasas referencias.

Como sugiere un investigador, al señalar las carencias de ciertos enfoques tradicionales en la sociología, es quizá necesario acercarse a determinadas prácticas sociales vinculadas a la tecnología, alejándose un tanto de las prescripciones y convenciones más habituales de las ciencias sociales:

“... la sociología clásica trabaja con criterios que le permiten clasificar a la sociedad en grupos del tipo ‘familia’, ‘pueblo’, o ‘clase’. La sociología futura elaborara criterios que le permitan también clasificar a la sociedad según los tipos de imágenes, por ejemplo en ‘telespectadores’, ‘jugadores de computadoras’ o ‘público de cine’...” (Vilem Fluxe, 2017: 79).

Constituye, entonces, un empeño orientado a conocer algunos interrogantes centrales sobre los cada vez más crecientes debates sobre los algoritmos y su influencia sobre nuestra vida cotidiana, intentando aportar algunas ideas al interrogante central sobre el necesario abordaje de estos temas por tecnólogos y científicos sociales.

Este trabajo no busca desentrañar todas las facetas de naturaleza técnica que inciden en el funcionamiento de los algoritmos, ni cómo funcionan en detalles las matrices de redes neuronales que hace que los algoritmos “aprendan” (Burrell, 2016: 6). Se propone un primer acercamiento orientado a conocer algunos aspectos centrales de su funcionamiento, para entender que operaciones supuestamente

técnicas pueden no serlo demasiado o, en el mejor de los casos, reconocer que estamos sujetos a la lógica decisoria de sistemas aplicados a una variedad de situaciones y problemas complejos que son resueltos, en no pocas oportunidades, de una manera poco afortunada.

Constituye también este trabajo un intento de dotar de sentido al concepto de interdisciplina, tan mentado habitualmente como necesario, pero que no encuentra muchas veces en nuestras tareas de investigación oportunidades claras donde esta pretensión, el ejercicio fructífero del intercambio entre campos diversos, pueda ser transformada en acción sin recurrir a ejercicios meramente retóricos.

Una de las dificultades más habituales para avanzar en el estudio de los algoritmos es la falta de perspectivas compartidas entre los tecnólogos y otras disciplinas, lo que resulta en una baja capacidad aún de teorización sobre estos aspectos, que abarcan de manera creciente diferentes puntos de vista y disciplinas, algunas de manera evidente, como el derecho, la economía, y las ciencias sociales en general. Estos problemas se dan también de manera habitual entre los expertos que componen el ámbito efectivo del campo de la computación y la programación, producto de la separación entre los niveles de dominio de los expertos y los desarrolladores, para responder a los crecientes requerimientos legales y éticos.

218

Nada desdeñable como problema es la ausencia de un lenguaje común entre académicos, decisores políticos y tecnólogos para encontrar una manera adecuada de reconocer las categorías que utilizan diferentes disciplinas, para explicar un mismo fenómeno y el modo en que diferentes prácticas educativas perpetúan las dificultades de la comunicación interdisciplinaria (Danaher *et al.*, 2017: 14).

Una de las dificultades no menores para crear un puente de colaboración entre disciplinas es, entonces, el conocimiento del lenguaje y de la jerga computacional, y el acuerdo sobre la naturaleza socio-técnica del marco de análisis de un constructo que puede aparecer a simple vista como de irreductible naturaleza técnica. Por lo tanto, este trabajo es un esfuerzo de aprendizaje necesario para comprender la lógica sobre la que se sustenta una tecnología que constituye un sistema conceptual, lógica sin la cual un científico social no podría acercarse para comprender que posibles aéreas de intervención son factibles de ser compatibles, entre las diferentes orientaciones profesionales que conforman la ingeniería, las ciencias de la computación y las ciencias sociales.

Sabemos que las comunidades de expertos y sus límites se sustentan en la capacidad de mantener el control sobre la circulación y el uso apropiado de los *argots* profesionales, demarcando con claridad quiénes ostentan el derecho de hablar y quiénes no, y los algoritmos encuentran un terreno abonado para esta disputa por sus propiedades específicas. Si existe una disciplina en las ciencias sociales con una fuerte tradición para hacer referencia a un encuentro posible entre distintas tradiciones de conocimiento es la antropología, fundamentalmente por la creciente importancia que se da a los enfoques etnográficos para estudiar comunidades profesionales y comportamientos vinculados a las tecnologías digitales.

Los científicos de la computación se preocupan, a diferencia de los científicos sociales, por las cuestiones de eficiencia y por cómo los algoritmos interactúan con estructuras de información y datos. Un antropólogo o un sociólogo, en tanto, se preocupan por develar cómo un algoritmo materializa valores y significados. Ello no significa que sean dos preocupaciones alejadas, sino que están asociadas a diferentes proyectos con distintos objetivos: mientras un científico social está mal situado para entender la eficiencia de un algoritmo, un experto en computación carece de la posibilidad de entender, quizá, el contexto cultural en el que los algoritmos son construidos e implementados.

Estamos en una era del algoritmo o, como señalan algunos expertos, en una “algorocracia” donde las matemáticas y la computación se están transformando en un poderoso mecanismo de influencia, conformando y guiando nuestro comportamiento y la gobernanza de la sociedad (Danaher *et al.*, 2017: 1). Desde los tiempos de Max Weber se advertía sobre los peligros de la mecanización y el control, tanto en el Estado como en la sociedad industrial, como consecuencia de las modernizaciones organizativas mediante las estructuras burocráticas y las máquinas. Sin embargo, esto no significa que no estemos ante un desafío muy diferente y de mayor envergadura que el señalado por Weber. La algorocracia, más allá de nuestra visión o voluntad de acción, condiciona cada vez más nuestra existencia, y su uso creciente nos restringe, manipula, controla y provoca, algunas veces de manera más benigna y otras de manera más riesgosa.

El reconocimiento de esta realidad no presupone que debamos escribir necesariamente los tópicos clásicos críticos sobre racionalidad, cuantificaciones y procedimientos de estos objetos, y publicar todo lo publicable en formas de manifiestos críticos. Habitualmente suelen coexistir en estos casos puntos de vista de más radicalidad, en cuanto a su crítica y planteamientos sobre las intervenciones posibles sobre la tecnología, que nos ayudan a tener una actitud vigilante y crítica. Ubicamos, no obstante, este trabajo entre los intentos de lograr algún tipo de gobernanza sobre las consecuencias de la utilización de los sistemas de algoritmos, que por el momento percibimos de manera confusa en términos de efectividad y legitimidad.

219

Características de los algoritmos

Algunos definen ya al algoritmo como un nuevo mito moderno al cual se le atribuyen gran significancia y poder, pero cuyas propiedades no están muy bien definidas (Barocas *et al.*, 2013: 1). Para los profanos en el tema los algoritmos son fórmulas matemáticas que nadie entiende. La denominada *big data* hace referencia a macro-datos, datos masivos o datos a gran escala; son *big* en términos de volumen, velocidad y variedad, lo que habitualmente se denomina las “tres v”. Kitchin y McArdle (2016) agregan siete dimensiones particulares para los macro-datos que complejizan el sistema de algoritmos: exhaustividad, resolución, indexicalidad, relacionalidad, extensionalidad y escalabilidad.

En los años recientes, el diseño de algoritmos ha evolucionado de un modelo de “arriba hacia abajo”, en el cual un programador o un equipo de programadores definen exhaustivamente el conjunto de reglas, a uno de “abajo hacia arriba”, lo que supone un sistema en el cual los algoritmos tienen incorporadas reglas de aprendizaje que permiten instalar un orden de reglas propio en las bases de datos a las que entran.

Su propia definición ha supuesto un cambio en su presentación pública: de ser un oscuro término utilizado entre los científicos de la computación pasó a ser un concepto que polariza discusiones y se hace habitual en los medios de comunicación, donde se hace referencia a algunas respuestas estandarizadas y erróneas en diferentes actividades con pretensiones de estandarización, o por el contrario a la idea de sus múltiples beneficios por su supuesto carácter objetivo sobre los sesgados sistemas de decisión humanos. La connotación del término también tiene sus respuestas críticas en los contra-discursos sobre la automatización, el control corporativo y los monopolios mediáticos. En términos generales, en un plano más elemental se asocia a la idea de que en las organizaciones públicas y privadas existen procedimientos internos que no son entendidos por parte de quienes son sujetos de ellos, y estos procedimientos son usualmente descritos como algoritmos.

Parece claro, entonces, que existen nuevos significados adicionales para definir el concepto de algoritmo en función de sus nuevas aplicaciones en la vida cotidiana. Adicionalmente la polarización de los discursos públicos sobre la temática, muchos de los cuales son nuevos en estos dominios, se vincula fundamentalmente al carácter invasivo de las tecnologías y las técnicas de manipulación de información (*link clicks*), a los movimientos geo-espaciales y a la universalización de la telefonía móvil, los servicios y las aplicaciones de una constante conectividad. Muchas veces, sin embargo, la composición de la información y las preocupaciones nuevas sobre el concepto de privacidad pueden ser más importantes que los propios algoritmos (Burrell, 2016: 2).

Se han desarrollado investigaciones centradas en los aspectos legales y éticos, y en identificar cuatro etapas que conforman lo que se entiende como el “sistema de gobernanza”: recolección, procesamiento, utilización, aprendizaje y *feedback* (Pasquale, 2015). El sistema de gobernanza algorítmica adquiere información, la procesa, la utiliza y aprende de lo que ha realizado. Por lo tanto, un sistema de gobernanza algorítmica funciona como un sistema cuasi-inteligente y adaptativo. No es preciso abundar demasiado sobre los problemas en términos de opacidad y transparencia que estos sistemas generan.

La comprensión y la participación humana en el sistema de gobernanza son un factor determinante de su legitimidad política y social. Paralelamente, el impacto del sistema sobre el comportamiento humano es clave para su evaluación ética y normativa. Citron y Pasquale (2014) han puesto atención en las tipologías de estos sistemas, sobre la base del tipo y grado de involucramiento humano que implican, así han distinguido entre sistemas en los que el ser humano está: a) en el circuito; b) sobre el circuito; o c) fuera del circuito.

Existe una creciente preocupación por los problemas sociales, éticos, políticos y legales que pueden ser producidos y reforzados por estos sistemas. Es cada vez más extendida la producción de estudios sobre los problemas de privacidad y protección de datos. Hay muchos especialistas hablando de la opacidad inherente a la gobernanza algorítmica, particularmente cuando es determinada por el denominado mecanismo con aprendizaje de máquina, o aprendizaje automático, y cuando los artefactos son amparados por una red de leyes de secreto, orientadas a proteger a los algoritmos y a sus propietarios.

Las preocupaciones se extienden a las consecuencias de las inexactitudes, ineficiencias y consecuencias no deseadas del sistema. Zarsky (2016) provee una taxonomía para categorizar y ordenar todos los problemas que se discuten en la literatura especializada. Propone que los sistemas de decisión basados en algoritmos tienen dos propiedades centrales: son potencialmente opacos y pueden ser autómatas. Esta taxonomía define dos ramas o espacios de problemas: espacio de la eficiencia y espacio de la justicia. En el espacio de la eficiencia podemos ubicar aquellos problemas predictivos que obedecen a las dificultades para predecir el comportamiento humano y a la baja calidad de los datos por sus inexactitudes. En el espacio de las objeciones basadas en la justicia tendríamos las injustas transferencias de riquezas: de los consumidores a las empresas, entre los consumidores, lejos de los grupos protegidos; problemas de arbitrariedad, es decir: personas tratadas de manera diferente por razones irrelevantes y daños basados en la autonomía, la falta de consentimiento o la falta de comprensión.

La opacidad y la transparencia son, por lo tanto, factores que generan preocupaciones crecientes, tanto desde el campo específico de los usuarios y las organizaciones, como así también desde las ciencias sociales, ya que como disciplina pueden aportar cierta perspectiva crítica dada la naturaleza ambigua de los conceptos puestos en juego y lo cambiante de su significado en diferentes periodos históricos.

La opacidad es una preocupación central en la que suelen detenerse de manera recurrente los estudios críticos sobre los algoritmos, que están sujetos a diversas posibilidades de interpretación (Burrell, 1916). Generalmente, se suele identificar la opacidad como un problema relacionado con las consecuencias sociales de los mecanismos de clasificación y ranking: filtros de *spam*, detección de fraudes con tarjetas de crédito, ingenios de búsqueda, nuevas tendencias, segmentación de mercados y publicidad, criterios para el otorgamiento de créditos, seguros y calificación para préstamos.

Apoyados en algoritmos computacionales, y más específicamente en los mecanismos de aprendizaje de máquina que realizan estas tareas, habituales en el capitalismo avanzado y en las redes de trabajo, estos sistemas de “encasillamiento” son grandes productores de opacidad. Los algoritmos son el mecanismo central de todas las clasificaciones, ya que operan sobre la recepción de información produciendo un resultado, es decir: una clasificación en general vinculada a la posibilidad de acceder a un crédito o a decidir que alguna información debe ser desechada. Las decisiones de clasificación son opacas, ya que no tenemos idea de cómo ese resultado ha sido consecuencia de la información que han manipulado.

Desconocemos también la información que obtienen de nosotros. ¿Cuál es la razón para que desconozcamos esa información? Solemos atribuirlo a que los algoritmos tienen propietarios o son técnicamente ambiguos. No obstante, los fundamentos de la opacidad son más complejos. Hay al menos tres formas de opacidad que podríamos identificar: 1) una de naturaleza intencional que obedece a causas corporativas o de protección institucional; 2) la proveniente de las prácticas de un conocimiento experto donde la escritura y lectura de códigos es una habilidad especializada; y 3) el desfasaje entre la optimización matemática y las características de los sistemas de aprendizaje automático en relación a las demandas del razonamiento humano y a los estilos de interpretación semántica.

La opacidad existe en un primer nivel por cuestiones de propiedad; los algoritmos son cerrados para mantener las ventajas competitivas y estar unos pasos adelante de la competencia. No obstante, sobre la lógica de estas estrategias hay al menos dos perspectivas. Una sugiere que la opacidad es parte de una estrategia de protección de las empresas y los usuarios, es decir: tienen que ser opacos en aras de ser efectivos. La otra (Pasquale, 2015) señala que la opacidad no es ventajosa en nombre de la manipulación de los consumidores y los usuarios, esconde patrones de discriminación y por lo tanto es una opacidad remediable que puede ser abordada desde las regulaciones, a lo que se propone la figura de un auditor confiable que pueda mantener el necesario secreto y servir a la vez al interés público. Este punto de vista refleja la idea de auditar los códigos y la manera en que se crean, para evaluar las posibles discriminaciones de la clasificación; para ello se hace necesario “entrar” en el algoritmo desafiando su propia impenetrabilidad.

222

En un sentido diferente podemos tratar a la opacidad como propia de una competencia técnica compleja. Mientras los códigos requieren programación en lenguajes específicos y la sintaxis de estos lenguajes debe ser aprendida, ellos son en cierta manera diferentes al lenguaje humano; deben estar adheridos a estrictas reglas lógicas, tener precisión y ser gramaticalmente precisos. Una regla básica de cualquier código es cumplir simultáneamente con la necesidad de ser interpretable por los humanos, el programador original o alguien encargado del mantenimiento del código, y por el dispositivo computacional; por lo tanto, requiere especial exactitud, formalidad y complementariedad, aspectos no necesarios en la comunicación mediante lenguajes humanos.

Finalmente, para agregar más complejidad al concepto de opacidad, podríamos identificar aquella que se origina en la manera en que los sistemas operan: la denominada escala de aplicabilidad. Los expertos hacen notar que los algoritmos son a menudo sistemas de multi-componentes desarrollados por equipos que producen una ambigüedad que los programadores deben contener o limitar.

Hay ciertos desafíos producto de la escala y complejidad distintivas en los algoritmos de aprendizaje de máquina. Están relacionados no simplemente con el número de líneas o páginas de códigos, sino fundamentalmente con el número de miembros de los equipos integrados por ingenieros, y sobre todo a la variedad de inter-vínculos entre módulos o sub-rutinas. Estos no son desafíos sólo de comprensión y lectura de códigos, sino que permiten comprender a los algoritmos en

acción, operando sobre los datos. Los aprendizajes de máquina, en muchos casos, son dependientes de la “dimensión” de la información con que trabajan; billones o trillones de informaciones o datos poseen muchas veces una inabordable complejidad, propia de las heterogéneas propiedades de los datos.

Los vínculos entre los mecanismos de aprendizaje de máquina se hacen complejos y opacos, pese a que los datos tabulados (*dataset*) y los códigos pueden ser escritos con claridad en su interrelación. Los algoritmos de aprendizaje automático son poderosos generalizadores y predictores que funcionan con una cantidad creciente de información, incluyendo dos operaciones paralelas o algoritmos distintivos: un “clasificador” y un “aprendiz”. El clasificador recoge una información de una serie de elementos y produce un resultado, una categoría. Para remitirnos a un ejemplo familiar, los filtros de spam crean categorías de una información como “no deseada” o “deseada”. De manera más preocupante, quizá un sistema de soporte para decisiones de diagnóstico clínico toma una información como síntoma, análisis de sangre, dolor de cabeza, y produce un diagnóstico de hipertensión, cáncer o enfermedad del corazón (Burrell, 2016: 7).

Pero las clasificaciones no son neutras: contienen y sostienen consecuencias sociales. Tomemos el ejemplo sencillo de los correos no deseados; cuando un mensaje legítimo es un denominado “falso positivo” puede ser censurado por el sistema por contener palabras como Nigeria o Ghana y es enviado a la carpeta de no deseados. El sistema hizo sus ponderaciones para establecerlo y determinar su destino. Igualmente ocurre cuando contiene envíos de unas determinadas promesas (garantías), insinúa una autoridad colectiva (nosotros) o especifica una cuantificación de ganancias o beneficios especialmente monetarios (Burrell, 2016: 8).

223

Los ejemplos dados nos proveen de algunos elementos para entender y considerar la lógica interna de los algoritmos y las preocupaciones sobre la falta de justicia y sus efectos discriminatorios. Los científicos de la computación achacan estos efectos a un simple problema de “interpretación”. Pero esto supone imponer un proceso de razonamiento interpretativo humano sobre un proceso de optimización estadística. Un enfoque posible sería construir clasificadores más entendibles para el usuario final, que no impliquen sólo las consecuencias del producto, sino también conocer algo de la lógica de su clasificación.

La continua expansión del “poder algorítmico” ha producido ciertas estrategias de optimización, que exageran este problema particular de opacidad como complejidad de escala (Burrell, 2017: 9). Otros autores (Domingos, 2012) señalan que la intuición falla en depurar o mejorar el algoritmo, se vuelve más difícil, con más cualidades o características provistas como insumo; cada sutil e imperceptible modificación cambia la resultante clasificación. Una alternativa posible podría ser evitar los aprendizajes de máquina en ciertos dominios críticos de aplicación.

Una posible agenda de las ciencias sociales podría orientarse también a observar más profundamente los aprendizajes de máquina y la naturaleza de su opacidad, sumándose al interés sociológico natural en la clasificación y la discriminación relacionadas con la “desigualdad digital”. Se trataría de una concepción orientada a

la distribución desigual de los recursos computacionales y las habilidades, pero que hasta ahora no ha avanzado demasiado en el análisis de cómo las personas pueden estar sujetas a las clasificaciones computacionales, a la invasión de la privacidad y a otras servidumbres posibles, en la manera que se pueden violar las protecciones regulatorias.

En concreto, hay un desfase entre la representación que construyen los mecanismos; su optimización no repara en las formas humanas de construcción semántica, ni siquiera en la de los propios expertos. Últimamente parece haber algunas asociaciones y algunos vínculos entre los académicos de áreas legales, ciencias sociales, expertos en dominios y científicos computacionales que buscan desarrollar estrategias que palien los problemas creados por las clasificaciones.

Los algoritmos como cultura

Un acercamiento posible y necesario también desde las ciencias sociales, especialmente desde una perspectiva antropológica, es analizar los algoritmos como una cultura (Seaver, 1917: 2). Podríamos abordarlos más apropiadamente como artefactos incrustados “en” la cultura, o formando parte de ella. En un sentido diferente, también podríamos observarlos “como” cultura.

Es necesario destacar que diferentes personas en distintos periodos históricos, y en distintas situaciones sociales, han definido a los algoritmos y a sus cualidades sobresalientes de diferentes maneras. Un científico que pertenece a Facebook, un matemático que realiza pruebas en la universidad en 1940 o un médico que establece procedimientos para tratamientos en 1995 podrían asegurarnos, de manera acertada, que trabajan con algoritmos, aunque lógicamente no están hablando de lo mismo. Su definición, sentido y significado están de alguna manera configurados por condicionantes de naturaleza cultural, en el sentido antropológico del término. Es preciso, por lo tanto, tomar cierta distancia de la creencia, a veces extendida, de que existe un sentido unívoco para su definición. En parte podríamos consentir, desde una perspectiva más antropológica, que muchas veces su definición forma parte de un término “émico”; constituye la arquitectura lingüística a través de la cual los ingenieros de sistemas dan sentido a su mundo y a su trabajo.

No obstante, no estamos tratando simplemente con “materiales técnicos”. Los algoritmos están imbricados en la cultura como objetos discretos, que pueden estar localizados dentro de contextos culturales y entran en “conversación” con elementos de esa cultura, alterando los flujos materiales de nuestra cultura y conformándola, y a su vez son simultáneamente determinados por ella. Por lo tanto, los algoritmos afectan a la cultura y son afectados por ella.

En un sentido diferente, analizar a los algoritmos “como” cultura implicaría que, como otros aspectos de la cultura, los algoritmos son transformados en los intercambios entre los ingenieros que los desarrollan y los usuarios; no son objetos técnicos inmutables y estables, sino que son modificados en contacto con actores no técnicos que cambian sus funciones en respuesta tanto a los aprendizajes de

máquina como a los ingenieros, acomodando sus códigos en respuesta a los usuarios.

En síntesis, los algoritmos son una fuerza externa o exógena que transforma la cultura. Un “recomendador” de películas es cultural por su capacidad de influir sobre los flujos de cultura material, que pasaría a ser parte de una cultura del algoritmo. Los algoritmos son cultura en este caso no sólo porque se vinculen con prácticas de consumo popular y colectivo, sino fundamentalmente porque están compuestos de prácticas humanas y colectivas múltiples. Producto de la intersección de diversas prácticas sociales y materiales, culturalmente, históricamente e institucionalmente situadas. Tomarlas como la expresión de un esfuerzo mental, o de manera más abstracta, como procesos de abstracción, es desprenderse de las proximidades y relaciones que los algoritmos articulan (Mackenzie, 2007: 93).

En otras palabras, un algoritmo sucede en un contexto de procesos de ensayo y error, juego, colaboración, discusión y negociación entre diversos actores intervinientes (Kitchin, 2015: 18). Tales prácticas adicionalmente son complementadas por otras: investigaciones sobre el concepto a desarrollar, seleccionar y manipular datos; formación de equipos de codificación; ajustes de parámetros; la venta de una idea y un producto; y la búsqueda de apoyo financiero, entre otros. Todas estas acciones están enmarcadas en formas de pensamiento y conocimiento, culturas organizacionales e institucionales, restricciones legales y subjetividades.

Problemas de una gobernanza algorítmica

225

Es habitual encontrarse en la literatura de ciencias de la computación con el concepto de “gobernanza algorítmica”, término que intenta describir las condiciones del sistema de algoritmos y las posibilidades de establecer alguna forma de arbitraje y control sobre él, fundamentalmente orientado a controlar las debilidades o posibles distorsiones en la constitución de estos modelos que pueden determinar un resultado sesgado, discriminatorio, injusto, o inescrutable. El concepto de gobernanza supone además tener en cuenta a una multiplicidad de actores estatales, sociales y privados que deben involucrarse y articularse para una acción colectiva orientada al diálogo entre los actores. Si bien existe una importante cantidad de expertos que confían y conciben posible esta gobernanza, otros expertos dudan de sus posibilidades y expresan también interrogantes importantes sobre su alcance y posibilidades (Barocas *et al.*, 2013).

Los interrogantes planteados alrededor de los principios de gobernanza y su marco de referencia están vinculados al concepto de legitimidad y efectividad y ciertamente tienen un marcado anclaje en el *mainstream* político liberal, distante de los puntos de vista más radicales que desafían esta perspectiva proponiendo, por el contrario, una anti-gobernanza. No habría que descartar ni dar por sentados que sean los únicos abordajes posibles, críticos con el ideario de la gobernanza algorítmica, ni descartar tampoco que la rápida y cambiante naturaleza de las tecnologías obliguen a replantear los presupuestos de esta gobernanza.

Nos centraremos aquí en el marco de sentido de este trabajo. Seguiremos, entonces, con las posibilidades de desarrollar un marco de investigación o una agenda de investigación que contenga una cierta complementariedad entre la ingeniería y las ciencias sociales. El objetivo principal es lograr una mejor comprensión de los procesos por el cual los sistemas de gobernanza son diseñados e implementados. Existen diversos puntos de vista acerca de los aspectos centrales que deben ser analizados. Para Kitchin (2017), el foco de atención debe ser puesto en los problemas de traslado o “traducción” que se producen cuando los objetivos de las decisiones necesitan convertirse en códigos computacionales. Identifica particularmente tres desafíos de investigación fundamentales para quien desee comprender el proceso y seis posibles enfoques metodológicos y métodos que se detallan a continuación.

Cuadro 1. Desafíos de investigación y enfoques metodológicos

Desafíos de investigación

- *Cajas negras*. Los algoritmos son a menudo privados y están bajo el control de compañías y gobiernos, y sus mecanismos precisos suelen estar ocultos a la vista.
- *Heterogeneidad e integración en el contexto*. Los algoritmos son habitualmente creados por grandes equipos, ensamblados desde paquetes de códigos preexistentes e integrados en complejas redes de otros algoritmos.
- *Característica ontogenética y performativa*. Los algoritmos no son estáticos e invariables. Son habitualmente modificados y adaptados en respuesta a interacciones con el usuario; se desarrollan y cambian de manera incontrolable e impredecible.

226

Enfoques metodológicos y métodos

- *Examen de códigos*. Deconstruir códigos examinando cuidadosamente la documentación, trazar genealogías de algoritmos, examinar cómo la misma tarea es traducida en diferentes lenguajes de código y ejecutados en diferentes plataformas.
 - *Producir códigos reflexivamente*. El método auto-etnográfico, es decir: reflexionar sobre cómo se podría convertir un problema en un conjunto de reglas y códigos de manera asociada.
 - *Ingeniería inversa*. Seleccionar datos ficticios y analizar las consecuencias bajo varios escenarios (Ejemplo: utilizando los algoritmos *pagerank* de Google o *edgerank* de Facebook), seguir debates entre usuarios, entrevistar a aquellos que intentan “ganarle” al sistema de algoritmos y otros.
 - *Entrevistas y etnografías de programadores*. Observar cuidadosamente y entrevistar a miembros de equipos de programación mientras construyen un algoritmo.
 - *Desarmar el ensamble socio-técnico*. Análisis discursivo de documentos empresariales, licitaciones de compras, estándares y marcos de referencia legales.
 - *Estudiar efectos en el mundo real*. Llevar a cabo experimentos, entrevistas y etnografías de usuarios, y explorar de cualquier otra manera los efectos sociales de los algoritmos.
-

Fuente: adaptación propia del marco de investigación de Kitchin (2017) publicado por Danaher, Hogan, Noone y otros (2017: 1-21).

En una perspectiva más elaborada colectivamente, una serie de especialistas (Danaher *et al.*, 2017: 7) desarrollan una agenda posible de investigación para derribar las barreras que impidan legitimar una efectiva gobernanza algorítmica. Proponen otros desafíos adicionales aunque concordantes con Kitchin (2017), para identificar lo que denominan doce barreras que impedirían una efectiva y legítima gobernanza algorítmica. Consideramos trascendentes las conclusiones de estos especialistas básicamente del campo de las ciencias de la computación y otras disciplinas sociales, por la importancia que asignan a la investigación interdisciplinaria para lograr una adecuada legitimidad que haga posible una gobernanza efectiva.

Las barreras identificadas serían las siguientes: opacidad de los algoritmos, el papel de los denominados tecno-utópicos, como contraste la influencia de los tecnopesimistas, la incertidumbre tecnológica, la capacidad y el conocimiento entre tecnólogos, la capacidad entre los servidores públicos y sus representados, la capacidad de los abogados y el sistema legal, la complejidad legal e institucional, el interés comercial y el público, la efectiva gobernanza vs los derechos individuales, la privacidad y el consentimiento informado.

Describiremos brevemente el sentido de cada una de las barreras identificadas, y las posibles metodologías de investigación social que sería pertinente utilizar, destacando el importante papel que podrían tener los enfoques etnográficos para abordarlos:

- *Opacidad de los algoritmos.* Ya hemos señalado anteriormente que una de las preocupaciones más señaladas por los expertos es la potencial opacidad de estos sistemas. La opacidad está vinculada al funcionamiento del sistema algorítmico, a cómo los codificadores programan y desarrollan algoritmos, y cómo podrían ser decodificados, sugiriendo la posibilidad de investigarlos en tiempo real, mediante filmaciones y estudios etnográficos. Colocando un foco particular en el desarrollo de los sistemas de aprendizaje de máquina y su capacidad de crear reglas de acceso (*ruleset*), e intentando superar la distancia entre el conocimiento del público en general y el de los expertos, en cómo funcionan los sistemas. Se sugieren métodos combinados de obtención de información, como encuestas, estudios de casos, entrevistas, métodos visuales cualitativos y etnografías destinadas a evaluar el impacto que estos sistemas tienen en comunidades y grupo diversos, complementariamente a la posibilidad de crear un índice de transparencia algorítmica, para incidir en los sistemas de gobernanza algorítmica.

- *Tecno-utopismo.* También denominado tecno-optimismo, implica una mirada ingenua y fascinada por parte de las partes interesadas de la comunidad, los políticos y los tecnólogos. La ausencia de reflexión acerca de la expansión de los sistemas de algoritmos, sin considerar sus potenciales efectos negativos. Es decir: la creencia en el carácter virtuoso sin más de la tecnología, en cómo este sistema de creencias debilita un adecuado debate social sobre las consecuencias de su utilización, e impide ver más allá del impacto positivo de la automatización. Sería necesario crear también un sistema de medida y una efectiva definición de tecno-utopismo, analizando la visión sobre la tecnología de parte de los codificadores, desarrolladores y actores gubernamentales relevantes. Las metodologías más adecuadas de relevamiento serían estudios de caso de equipos de desarrollo y la utilización de estrategias observacionales.

• *Tecno-pesimismo.* Por contraste con la limitación anterior, una mirada distante o pesimista de la tecnología constituye también una barrera. A lo largo de la historia ha habido reacciones de resistencia a la incorporación y a los avances de nuevas tecnologías; no obstante, es preciso delimitar el alcance de este posible tecno-pesimismo y lograr un entendimiento común sobre lo que constituye este tecno-pesimismo o desafección a la tecnología, si sólo está orientado a una tecnología específica como la utilización de algoritmos o se extiende a la tecnología de manera genérica, discriminando adecuadamente sus causas, entre otras posibles: exageraciones en la protección de datos, la edad de las personas, la velocidad de su aparición, de sus consecuencias como las desventajas que podrían afectar a ciertos sectores de la población por la extensión de este tecno-pesimismo.

• *Incertidumbre tecnológica.* La aparente incertidumbre sobre las consecuencias del desarrollo tecnológico, básicamente la ausencia de certezas sobre su naturaleza, y la falta de perspectiva histórica sobre sus consecuencias y los cambios que se producen entre su desarrollo y la consecuente implementación. Desde un punto de vista subjetivo, la incertidumbre tecnológica parece sujeta a diferentes percepciones, atribuible a una falta de comprensión de la tecnología o a una falta de interés entre el público general y los decisores políticos. Plantea entonces un problema que se acentúa en la utilización de algoritmos en el sector público; es fundamentalmente preocupante, ya que el propio Estado contribuye a propagar la incertidumbre. Sería valorable, entonces, investigar los sistemas de gobiernos digitales (e-gobierno) mediante metodologías etnográficas para tener información de primera mano sobre los vínculos entre los decisores políticos y los expertos, y sobre cómo son desarrollados los sistemas.

228

• *Capacidad/conocimiento de los tecnólogos.* Los expertos tecnológicos ejercen un gran poder en el diseño efectivo y en la legitimidad de los sistemas, pero existen dudas sobre su grado de conciencia acerca de las consecuencias legales y de distinta naturaleza de otros sistemas con los cuales interactúan. Los algoritmos no pueden ser formulados ni diseñados aisladamente bajo el predominio de una lógica computacional; están condicionados por otras lógicas de conocimiento, legales, institucionales, de mercado o financieras, y fundamentalmente con personas bajo muy variadas circunstancias. Constituyen un ensamblaje socio-técnico; es necesario examinar de forma cuidadosa su funcionamiento en el mundo real y sus vinculaciones con otros actores clave en su implementación. No tener en cuenta su dimensión socio-técnica puede generar hostilidades en aquellos actores que no poseen el grado de conocimiento de los tecnólogos. Cabe entonces preguntarse si los expertos no desarrollan su propia cultura profesional y un pensamiento grupal, que origina distancias y resistencias críticas con los profanos externos a sus modelos mentales. Desarrollar un acercamiento sobre sus modos de pensar y actuar constituye un desafío que podría ser implementado mediante estudios de caso, encuestas y entrevistas. Particularmente importante podría ser conocer el grado de conocimientos legales, la predisposición a considerarlos y a incorporarlos en sus procesos a medida que los cambios legales se produzcan, fundamentalmente entre los programadores y codificadores, y su posible tendencia a defenderse de posibles litigios. También es preciso considerar las posibilidades

de un modelo de aprendizaje continuo y permanente para tecnólogos e incorporarlos a sus contenidos curriculares educativos.

- *Ausencia de conocimiento de los servidores públicos.* La falta de conocimiento y competencia técnica de nuestros decisores públicos, sobre todo la ausencia de conocimiento sobre habilidades matemáticas, que podría ser extensiva también a competencias de los sistemas públicos de información y sus organizaciones. Sería conveniente definir qué implica tener una competencia y una capacidad sobre estos problemas, para influir adecuadamente en las decisiones. Los estudios de caso y las narrativas de los actores públicos clave podrían constituir una información importante sobre el tema, derivando en un esquema competencial básico sobre el razonamiento matemático de los sistemas de información. Analizar las diferentes orientaciones de las organizaciones públicas en diferentes países y utilizar los métodos de la teoría del actor-red podría ser una estrategia para dar cuenta de las relaciones entre los individuos y las organizaciones sociales.

- *Capacidad de los juristas y el sistema legal.* Si la gobernanza es posible recientemente mediante las leyes, es muy importante entender la capacidad del sistema legal y sus actores para poder intervenir. Son limitaciones obvias la falta de entrenamiento de los abogados, el conservadurismo natural de los sistemas legales y los vacíos regulatorios que disuaden a las personas a desafiar los posibles resultados negativos de una gobernanza global. Esta tendencia puede modificarse identificando las figuras legales, entrevistando a sus ejecutores tanto como a los reguladores. Abordar el problema de forma creativa también puede aportar un mayor conocimiento sobre este tema, principalmente métodos experimentales como pruebas simuladas, lo mismo que analizar los códigos existentes y categorizar los errores que se originan en esos códigos, de acuerdo a si son de naturaleza técnica o legal, mediante estudios de casos que combinen entrevistas y análisis documental.

- *Complejidad legal e institucional.* Las complejidades de los sistemas burocrático-legales que implementan sistemas de gobernanza algorítmica constituyen también una barrera. En especial cómo son adoptados e implantados los sistemas de algoritmos en las estructuras burocráticas. Las diferencias entre lo previsto y lo logrado deberían ser analizadas. También se debería poder evaluar cómo fueron pensados esos sistemas y cuáles fueron las consecuencias de su implementación, fundamentalmente en términos de privacidad y protección de datos.

- *Intereses comerciales y públicos.* Constituyen un problema, por un lado, la falta de equilibrio entre los intereses privados orientados a obtener beneficios por un lado y, por el otro, el interés público socialmente orientado. El desarrollo y la naturaleza comercial de los sistemas de decisión algorítmica, y su más limitada extensión en los sistemas públicos, constituyen una asimetría. Las organizaciones privadas son reacias a los desarrollos más lentos, en aras de asegurar su efectividad y éxito comercial. Este problema se hace más patente en los procesos de privatización del sector de salud pública en algunos países. Las políticas de e-gobierno pueden exponer de una manera más cruda las distintas percepciones

entre los departamentos de tecnologías de la información de carácter público y los consultores privados del sector. Unas variantes de relevamiento de datos secundarios pueden aportar claridad, como los estudios de casos, los más tradicionales análisis legales y económicos, teniendo en cuenta el estudio de las prácticas denominadas “privacidad desde el diseño” (*privacy by design*).

- *Gobernanza efectiva versus derechos individuales.* El foco de consideración de las tecnologías de toma de decisiones basadas en algoritmos debería considerar, más que una efectiva gobernanza, los derechos individuales y el trato justo. Se debería prestar atención a las desigualdades y parcialidades arraigadas en los algoritmos. Debería ser tenida en cuenta la tensión entre efectividad y justicia en los sistemas de gobernanza, subrayando el papel de lo público, preferentemente cómo la tecnología puede fortalecer la transparencia y la participación ciudadana. El seguimiento de las tecnologías denominadas “cadenas de bloques” (*blockchain*), como un mecanismo de gobernanza alternativo para incrementar la transparencia y la participación, puede ser una opción según los expertos.

- *Ausencia de conciencia ética.* Una de las barreras más evidentes para desarrollar una conciencia ética verdadera en el trabajo con algoritmos es la incapacidad de incorporar en la educación tecnológica una adecuada reflexión y un pensamiento ético. La naturalización de la suposición de su carácter neutral constituye un serio problema para enfrentarse a las dimensiones ético políticas de la *big data*. El nivel de conocimiento entre los codificadores, los decisores políticos y el público en general debería ser evaluado y comparado con otros dominios análogos, como la ética médica en el campo de la medicina. Particularmente importante sería relevar las consecuencias éticas de una gobernanza algorítmica en las políticas predictivas y en los perfiles, en los cuales se ocultan sesgos de naturaleza étnica y social que se perpetúan en las estructuras sociales.

- *Privacidad y consentimiento informado.* En relación a la privacidad y el consentimiento informado, son inadecuadas las protecciones a la privacidad, la protección de los derechos humanos, la disonancia entre los sistemas de algoritmos y los marcos regulatorios y legislativos, los conflictos entre el interés público y privado, y el fracaso en informar a la ciudadanía de los múltiples usos de los datos y sus límites. Sería necesario explorar la concepción pública de lo que conocemos como consentimiento informado, el grado de conocimiento por parte de los usuarios de estos mecanismos y su utilización, tanto como de los algoritmos. Las metodologías que más se adecuarían serían las encuestas, las entrevistas y los estudios de laboratorio. Estudios de caso podrían utilizarse para inferir las actitudes públicas sobre la conveniencia *versus* la protección de derechos, constatando si se prefiere sacrificar la privacidad en aras de unos servicios más baratos, y adicionalmente si el concepto de privacidad debe ser redefinido, evaluando posibles nuevos estándares.

Conclusiones finales

Es preciso señalar, como anticipamos en los ejes anteriormente reseñados, la importancia de diversas herramientas de investigación pertenecientes a las ciencias sociales para avanzar en una agenda de investigación. Un adecuado trabajo entre las distintas disciplinas puede ser una buena oportunidad para el trabajo conjunto de ingenieros y científicos sociales.

Particularmente importante es la revalorización de la etnografía tradicional como metodología de larga tradición en las ciencias antropológicas. El método etnográfico parece ser un enfoque metodológico apto para entender de manera más detallada y precisa algunos aspectos micro del trabajo tecnológico: la interrelación de las personas y las computadoras, la producción local de representaciones abstractas y las dotaciones de sentido humano arraigadas en las operaciones de creación de algoritmos. Finalmente, y como consecuencia de este intercambio, se podrá reforzar la naturaleza socio-técnica de los algoritmos, la ubicación de todas estas prácticas dentro de un contexto socio-cultural habitualmente diverso y cambiante.

Aproximarse etnográficamente a los algoritmos supone partir de una cultura constituida no solamente por procedimientos racionales, sino por instituciones, personas y contextos que se interrelacionan, casi siempre provisionales, determinados por sentidos que se obtienen de la cultura cotidiana (Seaver, 2017: 10).

231

Bibliografía

BAROCAS S., HOOD, S. y ZIEWITZ, M. (2013): "Governing algorithms: A provocation piece". Disponible en: <http://governingalgorithms.org/resources/provocation-piece/>. Consultado el 5 de marzo de 2018.

BURRELL, J. (2016): "How the Machine 'Thinks:' Understanding Opacity in Machine Learning Algorithms", *Big Data & Society*, vol. 3, n° 1.

CITRON D., PASQUALE, F. (2014): "The scored society: Due process for automated predictions", *Washington Law Review*, pp. 86-101.

DANAHER, J., HOGAN, M., NOONE, C. *et al.* (2017): "Algorithmic governance: Developing a research agenda through the power of collective intelligence", *Big Data & Society*, julio y diciembre, pp. 1-21.

DOMINGOS, P. (2012): "A few useful things to know about machine learning", *Communications of the ACM* 55, n° 10, pp. 35-78.

FLUSSER, V. (2017): *El universo de las imágenes técnicas. Elogio de la superficialidad*, Buenos Aires, Caja Negra Editora.

KITCHIN, R. (2017): "Thinking critically about and researching algorithms", *Information, Communication & Society*, vol. 20, n° 1, pp. 14-29.

MACKENZIE, A. (2007): "Protocols and the irreducible traces of embodiment: The Viterbi algorithm and the mosaic of machine time", en R. Hassan y R. E. Purser (eds.): *Time and temporality in the network society*, Stanford, Stanford University Press, pp. 89-106.

PASQUALE, F. (2015): "The Black Box Society: The Secret Algorithms that Control Money and Information", Cambridge, Harvard University Press.

SEEVER, N (2017): "Algorithms as culture: Some tactics for the ethnography of algorithmic systems", *Big Data & Society*, julio y diciembre, pp. 1-12.

ZARZKY T. (2016): "The trouble with algorithmic decisions: An analytic road map to examine efficiency and fairness in automated and opaque decision making", *Science, Technology & Human Values*, n° 41, pp.118-132.

Cómo citar este artículo

GÓMEZ, C. E. (2019): "Estudios críticos sobre algoritmos: ¿un punto de encuentro entre la ingeniería y las ciencias sociales?", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 215-232.

**Del ágora pública a las redes sociales:
por una ciencia y una democracia sin exclusión ***

**Da ágora pública às redes sociais:
por uma ciência e uma democracia sem exclusão**

***From the Public Agora to Social Networks:
Towards a Science and a Democracy without Exclusion***

Raúl Carbajal López y Cipriano Barrio Alonso **

Iberoamérica enfrenta nuevos retos sociales que debe abordar desde una perspectiva humanística. Por un lado, encontramos numerosos movimientos que exigen una mayor democratización de las sociedades, así como un fomento de la participación que haga frente a las enormes desigualdades existentes en nuestros territorios. Con la aparición de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación se han modificado los mecanismos de gestión de los asuntos públicos de las diversas comunidades. Por otro lado, debemos replantearnos el papel que juegan la ciencia y la tecnología en las sociedades del siglo XXI, especialmente en el día a día de la ciudadanía. En este artículo analizamos la importancia del bienestar de los individuos a la hora de ejercer una participación activa en los países iberoamericanos y, especialmente, en los asuntos públicos relacionados con temas científicos o tecnológicos.

233

Palabras clave: apropiación social de la ciencia; democratización; participación ciudadana; bienestar social; progreso social

* Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Programa de Apoyo y Promoción de la Investigación de la Universidad de Oviedo, España, para el ejercicio 2018, referencia PAPI-18-PF-14.

** *Raúl Carbajal López*: investigador en formación del departamento de Filosofía de la Universidad y miembro del grupo de investigación CTS de la Universidad de Oviedo, España. Correo electrónico: raulcarbajallopez.uniovi@gmail.com. *Cipriano Barrio Alonso*: profesor titular del Departamento de Filosofía y miembro del equipo de investigación CTS de la Universidad de Oviedo. Correo electrónico: pano@uniovi.es.

A América Ibérica enfrenta novos desafios sociais que devem ser abordados a partir de uma perspectiva humanística. Por um lado, encontramos muitos movimentos que exigem uma maior democratização das sociedades, bem como a promoção da participação que enfrente as enormes desigualdades existentes em nossos territórios. Com o surgimento de novas tecnologias de informação e comunicação, os mecanismos de gestão dos assuntos públicos das diversas comunidades foram modificados. Por outro lado, devemos repensar o papel da ciência e da tecnologia nas sociedades do século XXI, especialmente no dia a dia da cidadania. Neste artigo analisamos a importância do bem-estar dos indivíduos no momento de exercer uma participação ativa nos países ibero-americanos e, principalmente, nos assuntos públicos relacionados a questões científicas ou tecnológicas.

Palavras-chave: apropriação social da ciência; democratização; participação cidadã; bem-estar social; progresso social

Ibero-America faces new social challenges that must be addressed from a humanistic perspective. On one hand, we see numerous movements that demand greater democratization within their societies, as well as encourage greater participation to cope with the enormous inequalities existing in our territories. With the appearance of new information and communication technologies, the management mechanisms of public affairs have been modified. On the other hand, we must rethink the role of science and technology in the societies of the 21st century, especially in the daily lives of its citizens. This paper analyzes the importance of well-being when it comes to exercising an active participation in our Ibero-American countries, and especially in public matters related to scientific or technological issues.

Keywords: social appropriation of science; democratization; citizen participation; social welfare; social progress

Introducción: el individuo, la comunidad y la dignidad del ciudadano

Aristóteles defiende en *La república* (2015) que los seres humanos somos animales políticos o cívicos, es decir: individuos que necesitamos integrarnos en una sociedad determinada y concreta. Según este autor, para constituirse como ciudadanía todos los sujetos deben tener un elemento en común (la comunidad), aunque en ningún caso se exige la existencia de un pensamiento homogéneo, sino que resulta enriquecedora la heterogeneidad de las ideas. Proteger y garantizar el “bien común” a toda la ciudadanía exige promover el bienestar social, convivir en armonía, así como debatir planteamientos y proyectos.

El paradigma sociológico funcionalista considera que la sociedad debe ser entendida como un ente complejo conformado por múltiples secciones que interaccionan y trabajan mutuamente para promocionar la solidaridad y la estabilidad. Según esta teoría, todo sujeto tiende a insertarse en un contexto determinado, viéndose influenciado por la estructura social previamente establecida. Tras la socialización primaria y la socialización secundaria, el sujeto se forja como individuo.¹ Las sociedades deben tener la capacidad de adaptarse a las diferentes necesidades sociales con el fin de alcanzar los objetivos propuestos para el desarrollo sostenible del planeta, para así lograr estabilidad y que los sujetos se encuentren integrados en su entorno. Este modelo teórico se ve enfrentado con el paradigma sociológico del conflicto: en la sociedad no domina el equilibrio, la estabilidad y la integración de los individuos, sino que impera el conflicto de intereses de cada uno de los sujetos, alimentando las desigualdades sociales.

235

En su primer artículo, la Declaración de los Derechos Humanos (1948) afirma que todos los seres humanos nacen libres e iguales. Esta declaración se vincula con el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (1976) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1976). Estos acuerdos de carácter internacional promulgan que todas las personas tienen derecho a un nivel adecuado de vida y a una mejora continua de las condiciones de existencia. Las actuaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013) también se orientan a las necesidades del ciudadano así como su bienestar: “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”.

En contraposición al concepto de “salud” nos encontramos el término “exclusión social”, que puede ser entendido como una situación de acumulación de distintas desventajas vinculadas a diferentes aspectos de la vida personal, cultural, social y política de los sujetos que se convierten en déficits a la hora de constituirse como ciudadanos integrados en la sociedad (Hernández, 2008). La exclusión social es un proceso multifactorial y multidimensional, en el que se produce un continuo exclusión-

1. La socialización primaria es el proceso que tiene lugar en el contexto familiar. La socialización secundaria ocurre a medida que una persona se inserta progresivamente en su entorno.

inclusión e inclusión-exclusión, como si de un péndulo se tratara. Para Subirats (2004) la exclusión social debe ser analizada desde una perspectiva integral, en la que debemos distinguir siete ámbitos: económico, laboral, formativo, socio-sanitario, residencial, relacional y de participación ciudadana. Según Abraham Maslow, todas las personas deben tener un bienestar biológico (alimentación, descanso, confort), sentirse protegidas y satisfechas, ser aceptadas socialmente y ser reconocidas para finalmente participar socialmente y estar integradas en el entorno, así como en las estructuras sociales establecidas.

En la presente contribución resaltaremos la importancia del bienestar ciudadano en los procesos de participación ciudadana, y especialmente aquellos que están relacionados con temáticas de índole tecnológica-científica.

1. ¿Qué entendemos por ciudadanía?

Siguiendo las investigaciones realizadas por Bonometti (2012), debemos analizar a la ciudadanía desde una triple perspectiva:

- *Ciudadanía política*. Toda comunidad debe gestionar determinados asuntos públicos que afectan a toda la población (la res pública o cosa pública). Según la autora, los procesos democráticos de tomas de decisiones deben ser correctamente publicitados intentando lograr la máxima participación de los hombres y de las mujeres que habitan un determinado entorno. Aristóteles afirmaba en *La república* (Libro I, 2018: 10) que la política no creaba a los hombres, sino que los recibía de la naturaleza y los utilizaba. En los procesos de gestión de los asuntos políticos, muchos ciudadanos se retiran de las dinámicas que tienen lugar debido a que participan del fenómeno social conocido como desafección. La Antigua Grecia y las sociedades modernas del siglo XXI tienen una realidad en común: existen numerosos ciudadanos que sienten desafección por la política. Aristóteles consideraba que “el pueblo que se mantenga en calma a pesar de no participar en el poder no es indicio de buena organización” (Libro II, 2018: 10). Iberoamérica participa de un fenómeno colectivo que se denomina desafección política, es decir: no hay malestar con la democracia, sino más bien con el funcionamiento de la democracia representativa.

- *Ciudadanía civil*. Todo ciudadano debe tener unos derechos, así como unas obligaciones. Los gobiernos han realizado un esfuerzo por tutelar los derechos civiles de la población y plasmarlos así en los distintos niveles legislativos. El problema erradica en su aplicación. En palabras de Bonometti (2012), en Latinoamérica “el ejercicio de los derechos de la ciudadanía está condicionado por el origen y la condición social de la persona. Las categorías más débiles en todos los países de la región son las de los pobres, de los inmigrantes, de las indígenas y de las mujeres”.

- *Ciudadanía social*. Esta perspectiva del concepto de ciudadanía puede ser analizada desde la dimensión de las necesidades básicas que planteaba Maslow (alimentación, salud, educación, hogar y seguridad personal), así como a la dimensión social de la pobreza o a la desigualdad cara al ingreso en el mercado laboral. Aristóteles defendía que “en toda ciudad debe existir un desahogo de las primeras necesidades”, aunque, como bien dice Zygmunt Bauman (2017), el *homo sapiens* se ha convertido en un *homo eligens* que forma parte del sistema económico conocido como capitalismo de mercado. América Latina es conocido como el "continente invertido", en tanto que existe un grave desequilibrio social, cultural y económico. Si contemplamos las realidades española y portuguesa, existe una menor desigualdad social, aunque las estadísticas muestran que un amplio sector de la población está excluido de la ciudadanía plena.

Una vez analizado el concepto de ciudadanía, debemos plantearnos cómo medimos el grado de bienestar de cada uno de los ciudadanos que forman parte de los Estados iberoamericanos.

2. ¿Cómo medimos el bienestar de la ciudadanía?

Si tomamos al individuo como centro de interés de la investigación y de la acción política, debemos tomar el Índice de Desarrollo Humano y el Índice de Progreso Social como indicadores de referencia. En la presente contribución, y con el objetivo de establecer una imagen fija del bienestar de los ciudadanos iberoamericanos, nos centraremos en el Índice de Progreso Social debido a que los indicadores son exclusivamente sociales y ambientales y analizan resultados reales asumiendo una visión holística e integral. Todos los datos que se utilizan para evaluar cada uno de los 128 países proceden de fuentes oficiales (por ejemplo: la Organización de las Naciones Unidas) y se organizan en tres grandes bloques: necesidades humanas básicas, fundamentos de bienestar y oportunidades. En la siguiente tabla se muestran cada uno de los aspectos que constituyen cada bloque.

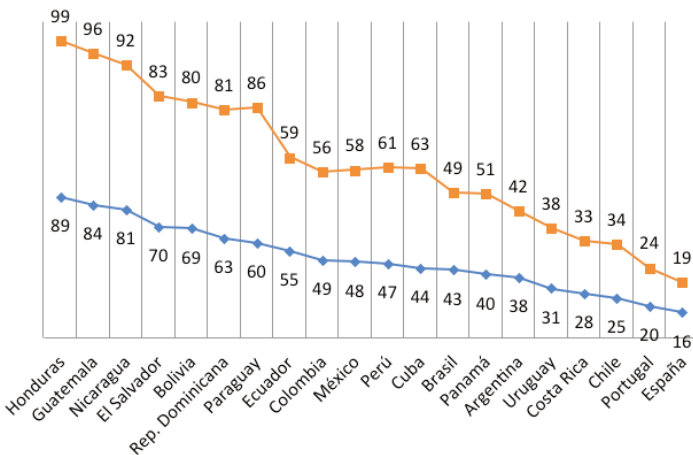
Tabla 1. Aspectos a evaluar en el informe del Índice de Progreso Social (2018)

1. Necesidades humanas básicas	Nutrición y cuidados médicos Acceso al agua Acceso al saneamiento Vivienda Seguridad personal
2. Fundamentos del bienestar	Acceso a conocimientos básicos Acceso a información y comunicaciones Salud y bienestar Calidad medioambiental
3. Oportunidades	Derechos personales Libertad personal y de elección Tolerancia Inclusión Acceso a educación superior

Fuente: elaboración propia a partir del Índice de Progreso Social

238 En el siguiente gráfico podemos observar los datos correspondientes a 2017 (color azul) y 2018 (color naranja).

Gráfico 1. Comparación de la evolución de los países iberoamericanos en relación al Índice de Progreso Social (2017 y 2018)



Fuente: elaboración propia a partir del Índice de Progreso Social

Podemos confirmar que ha habido un retroceso general en los países iberoamericanos en relación al progreso social y, por tanto, en materia de bienestar ciudadano. Los países que menos han descendido son España (-3 posiciones) y Portugal (-4 posiciones), Argentina (-4 posiciones) y Ecuador (-4 posiciones). El país más afectado ha sido Paraguay (-26 posiciones), seguido de Cuba (-19 posiciones) y República Dominicana (-18 posiciones). El resto de los países iberoamericanos ha descendido entre cinco y catorce posiciones. Según la clasificación final, de todos los países iberoamericanos podemos concluir que cinco Estados se encuentran entre los países de progreso social alto, ocho en progreso social medio alto y siete en progreso social medio. La siguiente tabla ilustra la posición de cada uno de los países.

Tabla 2. Ranking de los países iberoamericanos analizados en el Índice de Progreso Social (2018)

Categoría	País	Ranking
Progreso social alto	España	19
	Portugal	24
	Costa Rica	33
	Chile	34
	Uruguay	38
Progreso social medio alto	Argentina	42
	Brasil	49
	Panamá	51
	Colombia	56
	México	58
	Ecuador	59
	Perú	61
	Cuba	63
Progreso social medio	Bolivia	80
	República Dominicana	81
	El Salvador	83
	Paraguay	86
	Nicaragua	92
	Guatemala	96
	Honduras	99

239

Fuente: elaboración propia a partir del Índice de Progreso Social

El informe correspondiente a 2018 afirma que desde 2014 se ha producido una mejora de los ítems del progreso social, pero, si realizamos una observación del 2017 al 2018, podemos comprobar que hay un claro retroceso. Asumiendo una visión global hemos mejorado en relación al acceso a la información y a las comunicaciones; a la salubridad; a la nutrición; a los cuidados médicos; a la calidad medioambiental; a la libertad individual y al acceso al conocimiento básico. Los dos aspectos en los que más hemos empeorado han sido los derechos políticos, así como en la inclusión

social y la tolerancia. Tal como indica Hernández (2008), estos déficits que hoy en día producen exclusión social pueden ser corregidos mediante medidas colectivas y desde la política, es decir, la práctica institucional. Ahora bien, ¿están dispuestos nuestros gobernantes a impulsar cambios desde la acción de gobierno? ¿Permitirán los mercados financieros que los gobernantes impulsen estas medidas? José Mujica, ex presidente de Uruguay, afirmaba: “Decir que no hay plata en este mundo para un gigantesco Plan Marshall que recorra toda la Tierra a favor de los pobres, para integrar a la vida humana los millones de pobres, decir que no hay recursos es no tener vergüenza” (2014: 59). En 2014 tuvo lugar la cumbre presidencia de ONASUR en Guayaquil, donde Mujica afirmó lo siguiente: “Decimos que en este mundo no hay plata, es porque tenemos la cobardía política de no cobrarles, pedirles y meterles la mano en los bolsillos a los que pueden, y suturar” (2014: 59).

Y de nuevo surge otra pregunta: ¿cómo podemos revertir esta situación? Vivimos en un mundo globalizado e interconectado donde interaccionan dos mundos, el mundo presencial y el mundo virtual. Siguiendo la obra científica de Javier Echevarría, a lo largo de las sociedades han existido señores “feudales” que actualmente se complementan con los “Señores del Aire”, es decir: aquellos que gestionan el mundo virtual o tercer entorno. La solución teórica a este macro-conflicto puede resultar sencilla: la política destinada a los más desfavorecidos. Tal como indica Mujica: “Por eso estamos en política, y por eso luchamos en política, porque al fin y al cabo, simplificando, es cortar el tocino un poco más grueso en favor de los más débiles, porque la política es elegir decisiones y elegir decisiones que favorecen a unos y pueden perjudicar a otros, y estás con las mayorías o estás con las minorías, no hay término medio, no se puede ser neutral, hay que tomar partido” (2014: 59).

240

3. De la reflexión a la acción: por una cultura cívica que impulse la democracia en los países iberoamericanos

Las distintas sociedades han desarrollado movimientos en pro de la democratización de las comunidades civiles, impulsando estructuras políticas que garanticen la igualdad de sus integrantes allí donde habitan o residen. Cada vez más los ciudadanos exigen participar en los procesos de toma de decisiones que tienen que ver con la gestión de los asuntos públicos. Tal como indica el Informe sobre Desarrollo Humano (2016):

“La democracia verdaderamente participativa y funcional, que es mucho más amplia que un proceso de votación, genera un círculo vicioso. Las libertades políticas empoderan a las personas para exigir políticas que aumenten sus oportunidades de exigir cuentas a los gobiernos. El debate y la conversación ayudan a las comunidades a determinar las prioridades. Una prensa libre, una sociedad civil dinámica y las libertades políticas garantizadas por una constitución son la base de unas instituciones y un desarrollo humano inclusivos. El desarrollo humano considera a las personas no solo beneficiarias del desarrollo, sino también arquitectas de sus propias vidas” (Informe sobre Desarrollo Humano, 2016: 101).

El neoliberalismo está presente en el paradigma político de nuestros tiempos: un número relativamente pequeño de intereses privados controla las decisiones que afectan a la mayoría, dirigiéndolas a la consecución de sus intereses económicos. Chomsky, al igual que Gramsci (1967), defendía una posición que afectaba a todos los ciudadanos por igual: “Hay que evaluar con precaución las doctrinas que dominan el discurso intelectual, con cuidadosa atención a los argumentos y a las lecciones de la historia” (2016: 45). Y añade: “Una sociedad democrática decente debe basarse en el principio del ‘consentimiento de los gobernados’ (...) Llego a la conclusión de que el gobierno se basa en el control de la opinión pública tanto en los gobiernos más despóticos como democráticos (...) La libertad sin oportunidades es un regalo endemoniado y negarse a dar esas oportunidades es criminal” (Chomsky, 2016: 47).

Existen medidores que diagnostican los procesos de democratización de las distintas colectividades del mundo. Uno de los indicadores más significativos es el Índice de Democracia (*The Economist*, 2017).² En la evaluación participan 167 países procedentes de todos los continentes. Los resultados son los siguientes: existen 19 democracias perfectas, 57 democracias imperfectas, 39 regímenes híbridos y 52 regímenes autoritarios. Desde una perspectiva iberoamericana, y según los datos actualizados en 2017, existen dos democracias plenas (España y Uruguay), trece democracias imperfectas (Brasil, México, Colombia, Argentina, Perú, Chile, Ecuador, Portugal, República Dominicana, Paraguay, El Salvador, Costa Rica y Panamá), cuatro regímenes híbridos (Guatemala, Honduras, Bolivia y Nicaragua) y dos regímenes autoritarios (Venezuela y Cuba).

Los procesos de democratización de Europa no han sido paralelos respecto a Latinoamérica y existen grandes diferencias: una de ellas es la repartición de la riqueza, mientras que en España y Portugal ha habido una distribución más equitativa, en Latinoamérica ha existido y existe una mayor desigualdad social y, por tanto, una mayor exclusión social. Dentro de los movimientos sociales destacados que influyen en los procesos de democratización de Iberoamérica podemos destacar al mayo francés (1968), el Movimiento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra de Brasil (1970), la Revolución Sandinista de Nicaragua (1979), el Caracazo de Venezuela (1989), los Movimientos Democráticos de Chile (1990), el Movimiento Indígena de Ecuador (1990), la Marcha por la Dignidad y el Territorio de Bolivia (1990), el Levantamiento del Ejército Zapatista de Liberación Nacional de México (1994) y el Movimiento de Liberación Nacional Tupamaros de Uruguay (1960/1970), entre otros.

Con la revolución digital las democracias actuales se han tenido que replantear los diferentes mecanismos de gestionar la participación ciudadana. Debido a estos cambios tecnológicos, y por ende sociales, muchas democracias actuales han visto como se ha producido una transformación en pro de la participación ciudadana: estamos ante las democracias participativas. Ante la nueva realidad se ha modificado el perfil de ciudadano requerido; es necesario que los individuos estén formados

2. El informe se puede consultar en: http://pages.eiu.com/rs/753-RIQ-438/images/Democracy_Index_2017.pdf.

intelectualmente, gocen de una “madurez democrática” y dispongan de los recursos materiales que garanticen la plena participación ciudadana. Los espacios presenciales (las ágoras públicas) han tenido que compartir espacio con la participación ciudadana presencial e innovar la tecnología democrática haciendo uso de las TIC y, como no podía ser de otra manera, de las redes sociales como Twitter o Facebook.³

Indudablemente es necesario contemplar la desigualdad de acceso a Internet, así como a las diferentes tecnologías que permiten el acceso a la información y a la comunicación.

“La difusión exponencial de las tecnologías de la información y la comunicación, junto con el aumento de las tasas de educación y alfabetización, ha dotado a las personas de nuevas herramientas de participación. La participación en línea puede incidir de manera importante en la agencia y el empoderamiento. Sin embargo, las nuevas formas de participación también se enfrentan a dificultades y riesgos a los que se debe dar respuesta. Es preciso buscar la igualdad de acceso de todas las personas a Internet entre los países y dentro de ellos” (Informe sobre Desarrollo Humano, 2016: 101).

242

Tal y como indica Barrio Alonso (2008), las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación han generado nuevas formas de apropiación social de la ciencia han dado lugar a nuevas metodologías de creación del conocimiento científico, así como de su difusión social. Es por ello necesario replantearse la cultura científica como factor fundamental en la formación de los individuos, bien sea como formación individual o con el objetivo de participar en la vida política.

4. La cultura científica contribuye a mejorar la vida democrática del ciudadano

La cultura científica forma parte de la sociedad en tanto que compatibiliza la actividad social y la actividad política de las comunidades. Quintanilla (2010) considera necesario realizar una distinción entre ciencia y cultura científica: la ciencia es parte de la cultura de una sociedad, aunque no toda cultura científica de una sociedad es parte de la ciencia. Si nos adentramos en las diferentes perspectivas de la cultura científica y según el citado autor, la ciencia y la tecnología deben servir para fomentar el progreso, así como el bienestar del ciudadano (perspectiva ciudadana). En ningún caso, las decisiones científicas o tecnológicas deberán servir para justificar acciones políticas donde no haya un consenso ciudadano (aunque en ocasiones el modelo imperante es el predominio de la perspectiva política frente a la ciudadana). Los

3. Bueno se refiere al término “tecnología democrática” a los medios por los cuales se ejecutan los mecanismos democráticos: por ejemplo, la posibilidad de listas abiertas o cerradas, voto telemático o voto presencial, consultas ciudadanas, etc.

expertos deben participar de la toma de decisiones, pero en ningún caso ser el factor decisivo para impulsar medidas políticas (perspectiva científica).

Si analizamos la trayectoria histórica de nuestras sociedades, hemos visto como el conocimiento científico ha pasado de estar controlado por unas élites sociales y económicas para llegar a un sector más amplio de la sociedad. Con este nuevo paradigma científico, las personas pueden ejercer la ciudadanía con mayor facilidad (gracias al uso de las TIC). No podemos olvidar que, en estas nuevas formas de redistribución del conocimiento científico, muchas personas se ven excluidas por necesidades formativas, necesidades económicas o situaciones reproducidas socialmente.

Wallner (2014) afirmaba que podemos considerar la ciencia como una “ideología” en tanto que pueden existir dos posturas: aquellos que defienden que los avances en ciencia y tecnología son siempre beneficiosos y aquellos que defienden la postura que un avance científico conlleva numerosos beneficios y riesgos. Situarnos en la segunda postura nos lleva a mencionar la comunicación del riesgo (López Pareja, 2014), concepto que hace referencia al acto de difundir información de carácter científico en relación a los posibles riesgos que conlleva determinada innovación o descubrimiento.

Una vez que el ciudadano disponga de la documentación, es necesario implementar medidas de co-gestión con el objetivo final de identificar los niveles de riesgo para la salud, el significado de dichos riesgos, y evaluar que decisiones podrían ser llevadas a cabo. Hablar de existencia de dilemas éticos o controversias científicas es hablar de posibilidad de decidir (Gómez, 2014) que se relaciona indudablemente con la libertad de pensamiento, la libertad de expresión y la democracia. Como bien indica Chomsky:

“Hay una arena pública donde, en principio, los individuos pueden participar en las decisiones que afectan a la sociedad en general; cómo se obtienen y utilizan los ingresos públicos, cuál será la política exterior etc. En un mundo de naciones estado es fundamental la política, en varios niveles. La democracia funciona en tanto en cuanto los individuos participan de forma significativa en la cuestión pública, a la vez que se ocupan de sus propios asuntos, individualmente y colectivamente, sin ser ilegítimamente interferidos por el poder. El funcionamiento de la democracia presupone una igualdad relativa de acceso a las fuentes-materiales, informativas y demás, una perogrullada tan antigua como Aristóteles” (Chomsky, 1999: 144-145).

A lo largo de la exposición hemos demostrado como Latinoamérica se puede considerar un “continente invertido” en tanto que existen grandes diferencias sociales, numerosas desigualdades y un alto porcentaje de la población que se siente excluida de la sociedad. En relación a España y Portugal, esa realidad también se da igualmente, aunque de manera menos visible. Todo ello requiere que nos exijamos

una tarea como ciudadanos del mundo: es necesario repensar el presente para así planificar el futuro. Julio Anguita, ex-coordinador de Izquierda Unida en España (2014: 82), afirma que “estamos en un momento en el que el pueblo debe elegir: rebelión o resignación”, idea que coincide con la de Mujica: “El mundo que tendremos será el que seamos capaces de lograr” (2014: 67).

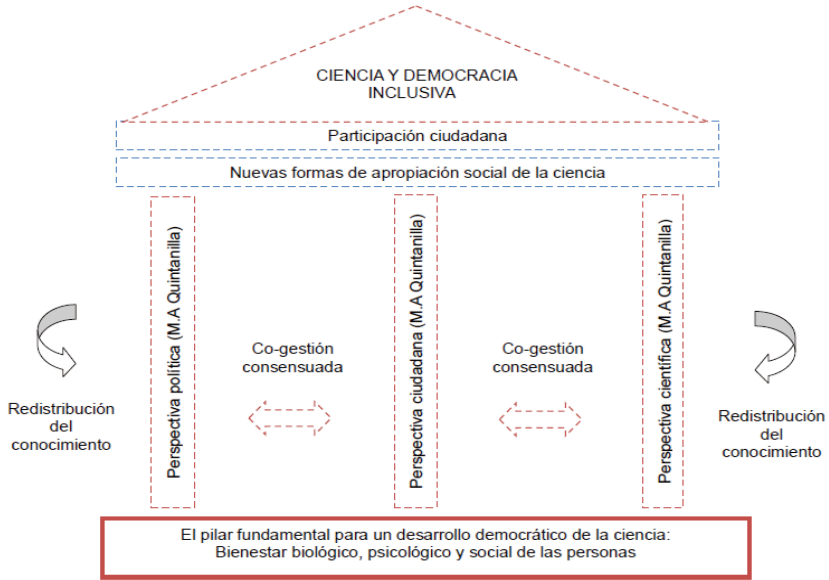
5. Repensar el presente y planificar el futuro: líneas de actuación, medidas y propuestas de actuación

Es necesario considerar al individuo como sujeto intelectualmente preparado, tanto en la perspectiva personal como social. La digitalización y la llegada de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación deben ser apreciadas como un cambio tecnológico encaminado al progreso de las sociedades democráticas. Para ello, debe garantizarse una “salud” plena de los ciudadanos, así como un acceso garantizado a Internet y a las nuevas formas de apropiación social del conocimiento científico y tecnológico.

Los ciudadanos deben ejercer su papel como decisores y no como consumidores de decisiones políticas: la perspectiva ciudadana de la cultura científica debe primar sobre la científica o la política, aunque sin duda es necesario llegar al consenso mediante el diálogo constructivo. Una vez logradas estas relaciones, que deben basarse en la confianza, los procesos de comunicación social de la ciencia deben enfocarse al progreso solidario de la humanidad. La consecución de los elementos anteriormente citados contribuye a la construcción de una ciencia y una democracia inclusiva.

¿Cómo podemos conocer el funcionamiento de una ciencia y una democracia inclusiva? Tal y como indica Chomsky (2016: 145), “una forma de valorar el funcionamiento de la democracia es, pues, la medida en la que la teoría se aproxima a la realidad y en que los electorados nacionales se aproximan a coincidir con la población”. Mediante la siguiente figura se relaciona la cultura cívica y la cultura científica, considerando la participación de la ciudadanía como el eje fundamental de cualquier sistema democrático y el bienestar biológico, psicológico y social del ciudadano como pilar fundamental. La ausencia de la “salud ciudadana” dificultaría cualquier proceso para impulsar un desarrollo democrático de la ciencia y de la democracia.

Figura 1. Esquema del desarrollo óptimo para garantizar un desarrollo democrático de la ciencia y de las diferentes sociedades



Con el objetivo de establecer vías plausibles de mejora social establecemos cuatro líneas de actuación estratégicas, incorporando 16 medidas concretas que deben ser llevadas a cabo para fomentar la participación ciudadana en materia de ciencia y tecnología en todos los países iberoamericanos. Las cuatro líneas estratégicas deben aplicarse en paralelo poniendo como epicentro de la agenda política a las personas menos favorecidas de nuestras sociedades. Cada línea estratégica está conformada por cuatro medidas que se materializan en propuestas de acción social.

Línea de actuación 1. Corrección de las desigualdades sociales existentes (LA1)	
Medidas	Propuestas
1. Reducir las tasas de desempleo y mejorar la calidad de vida del ciudadano.	1. Creación de puestos de empleos de calidad garantizando la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres, favoreciendo la inclusión de colectivos en riesgo. Mejorar los sistemas de protección social existentes.
2. Facilitar el acceso a todos los niveles de enseñanza.	2. Dotar a los sistemas de becas, de suficiente cuantía, para evitar que cualquier ciudadano no se halle más condicionado que por su aptitud, actitud y vocación.
3. Reducir la brecha digital facilitando el acceso a las nuevas tecnologías, así como el acceso a Internet. Acceder a las TIC así como a Internet.	3. Formar a los ciudadanos en el uso de las TIC mediante cursos de alfabetización digital. Creación de centros sociales que permitan Garantizar el acceso a Internet y a las tecnologías mediante ayudas públicas.
4. Facilitar el acceso a la cultura en sus distintas expresiones.	4. Fomentar el acceso a la cultura, tanto en espacios rurales como urbanos, a un coste que pueda ser asumido por el individuo.
Línea de actuación 2. Promoción de la cultura cívica (LA2)	
Medidas	Propuestas
1. Promocionar los derechos de la ciudadanía en materia de derechos y obligaciones.	1. Realizar jornadas de formación ciudadana en materia de derechos sociales, así como de obligaciones (normativa y oportunidades).
2. Promover una ciudadanía activa desde los diferentes niveles del sistema educativo.	2. Desarrollar e implementar currículos educativos basados en las competencias clave (ser, saber, saber ser y saber hacer) así como en las competencias básicas.
3. Promocionar el asociacionismo ciudadano, impulsando que los individuos se agrupen en relación a sus intereses y puedan influir en la agenda política de su territorio.	3. Favorecer la constitución de asociaciones de carácter civil, político, sindical, religioso, en el marco del sistema político establecido, mediante ayudas pública, así como contribuir en la difusión de las actividades que éstas realizan.
4. Promover la democracia en la toma de decisiones, garantizando la inclusión de todos los individuos presentes en la sociedad.	4. Impulsar la participación de todos los sectores de la población en la toma de decisiones de carácter social. Es necesario promocionar la asociación de los adultos, así como de las generaciones más jóvenes. Se deben crear mecanismos para garantizar el correcto funcionamiento de las instituciones democráticas, así como vías para comunicar la posible existencia de irregularidades.

Línea de actuación 3. Promoción de la cultura científica (LA3)	
Medidas	Propuestas
1. Promover la alfabetización científica en los diferentes niveles del sistema educativo.	1. Incorporación de asignaturas a lo largo de todo el proceso educativo formal con carácter acumulativo, con el objetivo de transmitir la cultura científica para así fomentar la reflexión personal y colectiva.
2. Promover la alfabetización científica en formatos no institucionales (educación no formal e informal).	2. Realización de jornadas, seminarios etc. que garanticen “una opinión pública bien informada”, así como “una cooperación activa”.
3. Promocionar la comunicación social de la ciencia, en los diferentes contextos de la vida cotidiana de la ciudadanía.	3. Realizar actividades en las cuales la ciencia y la tecnología sean entendidas como un constructo en sociedad (en red), mencionado los numerosos aspectos positivos, pero también sus riesgos y efectos negativos.
4. Reflexionar acerca de las nuevas formas de apropiación social de la ciencia, así como de las desigualdades que pueden surgir en la sociedad, que impiden el acceso a la ciencia en el paradigma <i>just in time</i> en nuestros días.	4. Realizar estudios acerca de los mecanismos mediante los cuales la ciudadanía se informa acerca de ciencia y tecnología, analizando los procesos, los sujetos y las realidades.
Línea de actuación 4. Promoción de la participación ciudadana en la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología (LA4)	
Medidas	Propuestas
1. Empoderar al ciudadano en la toma de decisiones de carácter científico-tecnológico, fomentando experiencias democráticas que tengan una influencia real en la agenda política.	1. Realizar campañas de información en las que se vean identificados los ciudadanos, los científicos, así como los gestores políticos.
2. Promocionar la conciencia ciudadana con el objetivo de que los sujetos puedan formarse una opinión crítica y bien construida.	2. Organizar eventos que generen espacios de intercambio de conocimientos e ideas. Facilitar el acceso a la información científica en formato papel, audiovisual o virtual.
3. Promocionar la inclusión social de la ciudadanía. La cultura científica es esencial a la hora de tomar decisiones sobre la agenda pública y de participar de la vida democrática.	3. Desarrollar campañas de sensibilización acerca de la inclusión de todas las personas en los procesos democráticos. Visibilizar los colectivos menos representados en los campos de ciencia y tecnología.
4. Promocionar la participación ciudadana, tanto en la variante presencial como en la virtual, en materia de ciencia y tecnología.	4. Realizar consultas ciudadanas en materia de ciencia y tecnología, desde el ámbito local al europeo, utilizando desde los mecanismos tradicionales pasando por los dispositivos móviles. Generar espacios de debate entre ciudadanos, expertos científicos y gestores políticos (virtuales y presenciales).

Conclusiones

Todos los sujetos que habitan el planeta deben tener la consideración de actuar como sujetos políticos que pueden y deben participar en la vida social de los diversos territorios en los que habitan. La sociedad debe ser entendida como un ente complejo donde impera el conflicto de intereses de los diferentes sujetos frente a la solidaridad y a la cohesión humana. El capitalismo del mercado y el neoliberalismo social agravan aún más, si cabe, la brecha social que es producida por las desigualdades económicas entre los ciudadanos de Iberoamérica y del mundo. La Declaración de los Derechos Humanos (y su espíritu de lograr el máximo bienestar social) ha influido en numerosos textos legales. La realidad y los diferentes indicadores nos muestran que existen numerosas personas que se encuentran excluidas del desarrollo de la ciudadanía plena. Estas situaciones de exclusión social deben ser abordadas desde múltiples áreas del conocimiento admitiendo que sí es posible lograr una sociedad más igualitaria: mediante la política entendida como gestión de los asuntos públicos o res pública. En ningún caso podemos pretender que la ciudadanía participe de manera libre en la vida política de sus entornos si los estados no garantizan el bienestar físico, psicológico y social de cada uno de los sujetos, ofreciendo oportunidades en todos los ámbitos (salud, alimentación, educación, inclusión, participación).

248

El Índice de Progreso Social y el Índice de Democracia refleja que en Iberoamérica es necesario impulsar estrategias que mejoren la calidad de vida de todos los ciudadanos, así como para fomentar la vida democrática. Tenemos que admitir que no existe una solución mágica para resolver estos conflictos, pero sí que existen mecanismos imperfectos para lograr cambios: la política. Para que todos los sujetos sean partícipes de la gestión de los asuntos públicos debemos lograr un buen nivel de vida a cada hombre y a cada mujer, permitiendo que, al margen de los deseos de cada uno o cada una, los niveles de formación académica sean los mejores. La cultura cívica debe estar acompañada de la cultura científica ya que aporta conocimiento, reflexión y capacidad de diálogo constructivo. La democracia participativa no es perfecta, pero para que se establezcan mecanismos de mejora tenemos que empoderarnos como los sujetos políticos que somos. Todos los territorios no tienen un desarrollo paralelo. Por eso la importancia de progresar con solidaridad: otros ciudadanos como nosotros necesitan de nuestra fuerza y nuestra lucha diaria.

En la presente contribución hemos propuesto cuatro líneas de actuación para fomentar la participación ciudadana en asuntos de carácter científico-tecnológico, incorporando dieciséis medidas con sus correspondientes 16 propuestas plausibles en cada uno de los territorios iberoamericanos. Estas líneas de actuación conforman la base del proyecto pre-doctoral que se desarrolla en el grupo de Estudios Sociales de la Ciencia de la Universidad de Oviedo (Grupo CTS) y que tiene por nombre "ApropiaCiencia" y que fue presentado en el Foro Iberoamericano de Ingeniería y Sociedad Digital (abril del año 2018). Su director académico es el profesor Cipriano Barrio y el alumno que lo está desarrollando es Raúl Carbajal. Asumimos un compromiso con el progreso social de los países iberoamericanos y la participación ciudadana real asumiendo la idea de José Mújica:

“Los latinoamericanos tenemos que ser, por haber llegado tarde y de atrás, un reservorio de lo mejor de la civilización humana, un continente de paz, de justicia, un continente de solidaridad, un continente donde es hermoso nacer y morir, un continente que le dice sí a la justicia, un continente sin odio, un continente sin venganza, un continente que dignifique la existencia del hombre arriba de la Tierra” (Mujica, 2014: 77).

Bibliografía

ANGUITA, J. (2014): *¡Rebelión!*, Murcia, Alfaqueque Ediciones.

ARISTÓTELES (2015): *Política*, Madrid, Alianza Editorial.

BARRIO, C. (2008): “La apropiación social de la ciencia: nuevas formas”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, vol. 4, nº 10, pp. 213-225.

BARRIO, C. y CÁCERES, S. (2014): *Fronteras de la ciencia dilemas*, Madrid.

BAUMAN, Z. (2017): *Vida líquida*, Barcelona, Austral.

BONOMETTI, P. (2012): *Democracia y desigualdad en América Latina: las implicaciones de un desarrollo basado en la equidad*, Saarbrücken, Editorial Académica Española.

249

BUENO, G. (2012): *Qué es la democracia*. Disponible en: www.fgbueno.es/med/tes/001.htm. Consultado 12 de septiembre de 2018.

CHOMSKY, N. (2016): *El beneficio es lo que cuenta: neoliberalismo y orden global*, Barcelona, Austral.

FUENTE-COBO, C. (2017): “Públicos vulnerables y empoderamiento digital: el reto de una sociedad e-inclusiva”, *El profesional de la información*, vol. 26, nº 1, pp. 5-12.

GÓMEZ, F. J. (2014): “Desprofesionalización y exigencias éticas de los trabajadores de la ciencia”, en C. Barrio y S. Cáceres (eds.): *Fronteras de la ciencia. Dilema*, Madrid, Biblioteca Nueva, pp. 89-103.

GRAMSCI, A. (1967): *La formación de los intelectuales*, Editori Riuniti, México.

HERNÁNDEZ, M. (2008): *Exclusión social y desigualdad*, Murcia.

LÓPEZ PAREJA, E. (2014): “La comunicación del riesgo en las organizaciones públicas y privadas”, en C. Barrio y S. Cáceres (eds.): *Fronteras de la ciencia. Dilema*, Madrid, Biblioteca Nueva, pp. 89-103.

LÓPEZ-CEREZO, J. A. (2017): *Comprender y comunicar la ciencia*, Madrid, Catarata.

MACIONIS, J. y PLUMMER, K. (2011): *Sociología*. Disponible en: <https://bit.ly/2fRfc2S>. Consultado el 1 de marzo de 2018.

MILLER, J. (2014): "The importance of Civic Scientific Literacy in a Just-in-time World", en B. Laspra y E. Muñoz (eds.): *Culturas científicas e innovadoras: progreso social*, Buenos Aires, EUDEBA.

MUJICA, J. (2014): *José Mujica en sus propias palabras*, Quito, Colección Palabras del Sur, Unasur.

NACIONES UNIDAS (1948): *La Declaración Universal de Derechos Humanos*. Disponible en: <https://bit.ly/23c5los>. Consultado el 20 de marzo de 2018.

NACIONES UNIDAS (1976): *Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos*. Disponible en: <https://bit.ly/1VtbiXi>. Consultado el 1 de abril de 2018.

NACIONES UNIDAS (1976): *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*. Disponible en: <https://bit.ly/1DuBaZA>. Consultado el 1 de abril de 2018.

OMS (2013): *Salud mental: un estado de bienestar*. Disponible en: <https://bit.ly/1hqychl>. Consultado el 15 de marzo de 2018.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (2016): *Informe sobre Desarrollo Humano 2016, Desarrollo humano para todas las personas*, Washington, Communications Development Incorporated.

QUINTANILLA, M. A. (2010): *La ciencia y la cultura científica*. Disponible en: <https://bit.ly/2uUaCZS>. Consultado el 15 de marzo de 2018.

SOCIAL PROGRESS INDEX (2018): *Social Progress Index 2018, Executive Summary*. Disponible en: www.socialprogress.org. Consultado el 26 de septiembre de 2018.

SUBIRATS, J. (2004): *Pobreza y exclusión social. Un análisis de la realidad española y europea*. Disponible en: <https://bit.ly/1MgakdD>. Consultado el 9 de abril de 2018.

UNESCO (1999): *Declaración de Santo Domingo, La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción*. Disponible en: <https://bit.ly/2IFUVHJ>. Consultado el 1 de marzo de 2018.

WALLER, F. (2014): "How to protect nature against science?", en C. Barrio y S. Cáceres (eds.): *Fronteras de la ciencia. Dilemas*, Madrid, Biblioteca Nueva, pp. 23-31.

Cómo citar este artículo

CARBAJAL LÓPEZ, R. y BARRIO ALONSO, C. (2019): "Del ágora pública a la redes sociales: por una ciencia y una democracia sin exclusión", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 233-250.

Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías

Cuidando a casa comum: experiências de sala de aula com estudantes do primeiro semestre de engenharia

Caring for the Common House: Classroom Experiences with Engineering Students in their First Semester

Raquel Villafrades Torres *

La Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) es una universidad de docencia con énfasis en la investigación y la innovación para la sostenibilidad. Promueve la construcción de estrategias que permitan transformar y proyectar nuestros intereses comunitarios por el cuidado de la casa común, nuestro planeta, generando impactos positivos en el ámbito social, económico y ambiental. Desde 2013, durante el curso de química general dirigido a estudiantes del primer semestre de ingenierías, se han desarrollado experiencias de aula orientadas al análisis de los hábitos de consumo y a la medición de la huella ecológica personal de los alumnos —entendida, según Wackernagel y Rees, como una herramienta que ayuda a planificar la sustentabilidad—, así como trabajos de sensibilización frente al uso de los aparatos eléctricos y electrónicos y a la gestión de los residuos. Los educandos han propuesto medidas enfocadas principalmente a la racionalización de recursos y a cambios en los estilos de alimentación y en la forma de transportarse. Desde el primer período académico de 2017 han realizado acciones sociales como recolección de residuos sólidos y campañas educativas con niños de educación primaria. El trabajo ha favorecido en los jóvenes la creación de una conciencia comprometida con el cuidado de nuestra única casa: la Tierra.

251

Palabras clave: educación para la sostenibilidad; experiencias de aula; huella ecológica

* Profesora interna asociada de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga, Colombia, y miembro de la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica (CECC) de la OEI. Correo electrónico: raquel.villafrades@upb.edu.co.

A Universidade Pontifícia Bolivariana (UPB) é uma universidade de docência com ênfase na pesquisa e inovação para a sustentabilidade. Promove a construção de estratégias que permitam transformar e projetar nossos interesses comunitários pelo cuidado da casa comum, nosso planeta, gerando impactos positivos no campo social, econômico e ambiental. Seguindo a perspectiva com foco na educação para a sustentabilidade, a partir do curso de química geral voltado para alunos do primeiro semestre de engenharias, são desenvolvidas, desde 2013, experiências na sala de aula para a análise dos hábitos de consumo e da medição da pegada ecológica pessoal dos alunos – que, segundo Wackernagel e Rees, é uma ferramenta que ajuda a planejar a sustentabilidade –, como também trabalhos de sensibilização perante o uso de aparelhos elétricos e eletrônicos e a gestão de resíduos. Os educandos propuseram medidas voltadas, principalmente, para a racionalização de recursos, mudanças nos estilos de alimentação e na forma de se transportar. Desde o primeiro período acadêmico de 2017, realizam ações sociais, como coleta de resíduos sólidos, e campanhas educativas com crianças do ensino fundamental. O trabalho realizado favoreceu nos jovens a criação de uma consciência comprometida com o cuidado da nossa única casa: a Terra.

Palavras-chave: educação para a sustentabilidade; experiências de aula; pegada ecológica

The Universidad Pontificia Bolivariana is a teaching university that focuses on research and innovation for sustainability. It promotes the creation of strategies that allow transforming and projecting our community interests towards the wellbeing of our planet, causing positive impacts on the social, economic and environmental spheres. Since 2013, during their first semester and within the general chemistry course, engineering students undergo classroom experiences aimed at analyzing the consumer habits and measuring their personal ecological footprint, a tool –according to Wackernagel and Rees– that helps to plan for sustainability. Efforts towards the awareness on the use of electrical and electronic devices and waste management are also carried out. Students have proposed measures primarily focused on rationing resources and changing dietary habits and modes of transport. During the first academic term of 2017, they carried out social actions, such as the collection of solid waste and educational campaigns with children at the primary school level. All this work has fostered in them the creation of a conscience committed to the care of our only house: the Earth.

Keywords: educating for sustainability; classroom experiences; ecological footprint

“Como nunca antes en la historia, el destino común nos hace un llamado a buscar un nuevo comienzo (...) Que el nuestro sea un tiempo que se recuerde por el despertar de una nueva reverencia ante la vida; por la firme resolución de alcanzar la sostenibilidad; por el aceleramiento en la lucha por la justicia y la paz y por la alegre celebración de la vida”

Carta de la Tierra (La Haya, 2000)

Introducción

Bajo la perspectiva actual, el ambiente se concibe desde una postura interdisciplinar que incluye factores físicos, socioeconómicos y culturales, condición que redundaría en la respuesta que la educación le ha dado a la crisis ambiental, generando un cambio de visión que se inició con “educar para la conservación del medio natural”, pasó por “educar para la concienciación sobre la crisis ambiental” y se encuentra en “educar para el cambio hacia modelos de desarrollo sostenible”. Este último enfoque de la educación ambiental se centra en las personas y en la comunidad y propone como estrategia una educación que ayude a los individuos a interpretar, comprender y conocer la complejidad y globalidad de los problemas que se producen en el mundo y les enseñe conocimientos, actitudes, valores y comportamientos que fomenten una forma de vida sostenible (García y Vega, 2009). En otras palabras, “educar para el cambio hacia modelos de desarrollo sostenible” implica favorecer integralmente un saber hacer, ser y actuar que les proporcione a los sujetos las herramientas para comprender el significado del desarrollo sostenible, ser sensibles y conscientes de la necesidad de un cambio en el modelo de desarrollo imperante y fomentar actitudes que les permitan participar en la generación de acciones responsables frente al cuidado del ambiente.

253

En el contexto colombiano la incorporación de la dimensión ambiental en las universidades ha estado fundamentalmente relacionada con la inclusión de cursos de carácter ambiental o ecológico en los programas de pregrado, que proponen la sensibilización de los estudiantes en temas ambientales asociados al desarrollo futuro de su profesión, pero estos intentos en muy pocos casos han conseguido un involucramiento de las temáticas desde su concepción integral (Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Educación Nacional, 2002). No obstante, a pesar de las dificultades mencionadas el tema ambiental ha cobrado gran auge en los últimos años y creado expectativas en el área de educación, que en cabeza de docentes inquietos y comprometidos se han dado a la tarea de implementar actividades y estrategias que les permitan sensibilizar y capacitar sobre un problema que nos pertenece a todos (Bermúdez, 2007).

Otero y Bruno (2010) señalan que la educación ambiental tiene que ser concebida como un proceso educativo permanente que inicie en los primeros años escolares y continúe a lo largo de la vida. Vásquez (2004) expresa la relevancia de contextualizar los contenidos escolares mostrando su importancia desde el punto de vista sociocultural y ambiental y presentar la ciencia desde un contexto cercano a la vida de los alumnos respondiendo a sus necesidades. Siguiendo el enfoque de educación para la sostenibilidad y la misión institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana,

desde el curso de química general dirigido a educandos de primer semestre de ingenierías se han desarrollado, desde 2013, varias experiencias de aula orientadas al cuidado de nuestra casa común mediante:

1. El análisis de los hábitos de consumo y la medición de la huella ecológica personal de los estudiantes.
2. La realización de actividades de sensibilización frente al uso, consumo y gestión de los RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), dirigida a educandos de ingeniería electrónica.
3. El planteamiento de estrategias didácticas que apoyen el “saber actuar” de los alumnos a través de la realización de acciones a favor del ambiente.

1. ¿Cómo cuidamos la casa común?

1.1. Calculando la huella ecológica

La medición de este indicador de sustentabilidad favorece el mejoramiento de habilidades de cuantificación, recopilación de datos e investigación de los estudiantes, y es una forma estimulante de familiarizarlos con algunas de las implicancias ecológicas de la sociedad del consumo (Wackernagel y Rees, 2001).

254

Con la experiencia de aula desarrollada se pretendió conseguir que los jóvenes analizaran sus hábitos de consumo, argumentaran consecuencias de un tipo de vida frente a otro en relación con dichos hábitos y plantearan acciones personales enfocadas al consumo racional y responsable. La experiencia se ha desarrollado, hasta este momento con 600 estudiantes de primer semestre de ingenierías industrial, mecánica, civil y ambiental, en cuatro fases que comprenden:

- *Presentación del tema.* Orientada a la sensibilización sobre la problemática ambiental actual.
- *Introducción a los conceptos básicos.* Enfocada al reconocimiento del término desarrollo sustentable, cálculo de la huella ecológica y los aspectos sociales ligados a ella.
- *Recolección y análisis de los datos.* En esta fase los estudiantes establecieron, de forma individual, su patrón de consumo mediante el diligenciamiento de una planilla que recogió los datos sobre los productos consumidos y los desechos generados en tres momentos del día (mañana, tarde, noche) a lo largo de una semana, con base en esta información contestaron las preguntas mostradas en la **Tabla 1**.
- *Elaboración del informe escrito.*

Tabla 1. Preguntas enfocadas a identificar el estilo de vida de cada estudiante y los cambios a establecer

1	¿Consumen usted más cosas de las que necesita?
2	¿Son todos los desechos separados en los estantes apropiados (a) en la universidad y (b) en su casa?
3	¿Son sus desechos (a) reutilizables o (b) reciclables?
4	¿Su familia desecha cosas que podrían ser reutilizables para otros?
5	Con base en las fases del proyecto desarrolladas, ¿cree usted que su estilo de vida es sustentable?
6	¿Qué aspectos de su vida podría variar para reducir su huella ecológica?

A lo largo de estos años, alrededor del 70% de los estudiantes ha expresado que consumen más cosas de las necesarias, desechan productos que aún pueden ser usados por otras personas y no han tenido la cultura de separar adecuadamente los residuos, especialmente en su hogar, concluyendo que su estilo de vida no es sustentable. Frente a lo anterior plantearon acciones tendientes a la minimización de su huella ecológica personal enfocadas, en su mayoría, a la racionalización de los servicios públicos y el cambio en sus estilos de alimentación y forma de transportarse. Si bien, la utilidad de las acciones individuales ha sido cuestionada, muchos “pequeños cambios en los hábitos de consumo”, por mínimos que parezcan, pueden llegar a ocasionar grandes ahorros de energía y recursos.

255

1.2. Reconociendo la importancia, como actores sociales, del consumo y la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Esta actividad de aula se realizó con 30 estudiantes de primer semestre de ingeniería electrónica que cursaron la asignatura química general en el segundo período académico de 2014 y 2015 respectivamente.

La obsolescencia tecnológica ha llevado al incremento en la producción y consumo de aparatos eléctricos y electrónicos ocasionando como consecuencia el aumento en la generación de sus residuos. Las sustancias químicas presentes en los RAEE como el mercurio, plomo, níquel o cadmio pueden generar daños en la salud y ambientales cuando su disposición o reciclado no es el adecuado.

Tomando como base la propuesta didáctica planteada en el material Residuo electrónico: reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de los Contenedores IBERCIENCIA de la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica, se generó, inicialmente, un espacio de discusión frente a la relación entre la composición química de los diferentes tipos de residuos y sus efectos sobre el sistema nervioso, respiratorio, hormonal, así como el de sus lixiviados en los mantos freáticos.¹

1. Más información disponible en: <https://goo.gl/Rk379k>.

Posteriormente pasaron a realizar una pequeña investigación en el ámbito familiar empleando los cuestionarios presentes en la propuesta didáctica, los cuales tenían como objetivo recabar datos sobre: 1) la relación entre el número de dispositivos electrónicos presentes en el hogar y el número de miembros de la familia, así como en la necesidad de poseer dicho aparatos; y 2) aspectos de percepción frente a la disposición, gestión y riesgos para la salud ocasionados por los componentes de los RAEE. Con esta información generaron recomendaciones a seguir para la gestión apropiada de los RAEE en función de las cuatro “R” del título del material didáctico: Reducir, Reutilizar, Reciclar y Recuperar.

Las respuestas de todos los grupos de estudiantes indican que poseen más dispositivos electrónicos de los necesarios y que, en la mayoría de oportunidades, se desecharon, por falta de conocimiento, junto a los residuos ordinarios generados en el hogar. La estudiante María Alejandra Peña Duarte expresó:

“Si, se tienen más dispositivos electrónicos de los que se debería, se tiene la necesidad de siempre tener más, otro nuevo, el más caro. Está claro que vivimos con nuestra familia, y es necesario por ejemplo una lavadora, una nevera, o un horno, el problema radica en los aparatos tecnológicos, en tan sólo una familia de cuatro personas se encontró veinticinco entre los que había celulares, reproductores de música, portátiles, tabletas, televisores, DVD y grabadoras.”

“La mayoría los RAEE se han desechado de mala manera, por ejemplo, botándolos a la basura como si fueran un residuo común y corriente. En vez de hacer eso se debería, si no se tiene el necesario conocimiento, informarse en internet o preguntarles a otras personas que si sepan sobre los RAEE. Una particularidad que se notó en las encuestas fue que en una familia los celulares que ya no usaban los devolvían a la empresa donde los habían comprado (Responsabilidad extendida del productor), ellos sabían exactamente qué hacer, otra familia simplemente los guardaba, no los desechaban de manera indebida. Lo más importante es hacerle llegar a la comunidad que no sabe sobre el tema, la información sobre qué es lo mejor que se puede hacer en estos casos.”

256

Las respuestas a los cuestionarios aplicados indicaron que hay un alto desconocimiento de la comunidad en general sobre los daños que genera en la salud y el ambiente la mala gestión de los RAEE, pero los jóvenes manifestaron que actividades generadas dentro del programa de gestión ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana como la “Recolectrón”, actividad institucional que se realiza periódicamente y tendiente a recolectar equipos móviles, cargadores, computadores y periféricos, entre otros que no se estén usando, o la puesta a disposición de contenedores especiales para recoger pilas, baterías, lámparas y bombillas ahorradoras los motivan para cambiar sus hábitos de disposición de estos residuos. Al finalizar la actividad colocaron, dentro de las recomendaciones de gestión de los RAEE asociados a las cuatro “R”, aspectos como evitar el uso inadecuado y excesivo de equipos electrónicos, procurar utilizarlos hasta el fin de su vida útil, separarlos

apropiadamente en los contenedores dispuestos para tal fin y repararlos en la medida de lo posible.

1.3. Generando acciones a favor del ambiente

García y Vega (2009) expresan que la educación ambiental a favor del desarrollo sostenible debe proporcionar tres tipos de saberes: un “saber hacer”, un “saber ser” sensible y consciente frente a la urgente necesidad de una sociedad sostenible y un “saber actuar” a través de acciones responsables y eficaces que favorezcan el desarrollo sostenible, este saber es el más olvidado por los maestros, pero se puede operativizar mediante estrategias didácticas de carácter constructivista. Desde el primer semestre de 2017 y bajo la recomendación de los estudiantes de semestres anteriores, la experiencia asociada al cálculo de la huella ecológica se desarrolló, en cinco fases, iniciando con la presentación del tema, la introducción a los conceptos básicos, la recolección y análisis de datos, el planteamiento y ejecución del plan de acción y la elaboración final de un informe. La etapa plan de acción fue incorporada con el objetivo de reforzar el componente de la educación ambiental denominado comportamiento ambiental responsable el cual propende por la participación activa y focalizada a la solución de un problema. El cuadro de plan de acción utilizado contempló los elementos mostrados en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Plan de acción utilizado

1	Nombre su plan de acción
2	Plantear el objetivo ¿Qué se quiere alcanzar?
3	¿En dónde se desea realizar el plan (lugar) y tiempo estimado de implementación?
4	Recursos requeridos o herramientas usadas para implementar su acción ambiental
5	Descripción de la acción ambiental comunitaria
6	Alcance de la actividad ¿cuánto se quiere lograr (cantidad y calidad)?
7	Forma de implementación: metodología a seguir paso a paso
8	Seguimiento: ¿se está alcanzando el objetivo? Indicar las fechas en que se realizó
9	Resultados obtenidos. Explicación y forma de medirlos en términos cualitativos o cuantitativos

257

Aproximadamente el 30% de los estudiantes desarrolló, a nivel de su conjunto residencial, campañas comunitarias tendientes a generar conciencia sobre la importancia de la separación de los residuos sólidos desde la fuente (**Figura 1**). Sin embargo, algunos, como Laura Bautista Santander, manifestaron:

“Durante el proceso fue difícil hacer que todas las personas de la casa quisieran escuchar o leer la información compartida inicialmente, pero a mediados de la semana varios estaban contribuyendo al buen manejo de los residuos, en ocasiones había equivocaciones, pero se realizaron correcciones y al finalizar el plan de acción estaban incorporando las recomendaciones.”

El 21% de los educandos realizó actividades de recolección de papel usado, tapas plásticas y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (3 kilogramos de tapas, 569 hojas recicladas, 20 pilas, 17 bombillas y 6 tubos fluorescentes) que fueron traídos a la UPB para incorporarlos dentro del proceso de gestión de residuos de la institución. Así lo expresa Joel David Villamizar Bottia:

“Deseábamos generar conciencia en la comunidad Portal de Castilla de Floridablanca acerca del daño y la importancia de la recolección de las pilas en un lugar adecuado, por lo tanto, se dispuso de una caja junto con carteles alusivos al tema para que los residentes se acercaran y depositaran las pilas allí, se dejó la caja treinta días.”

Figura 1. Visita a hogares dentro de su conjunto residencial



258

Fuente: Yadira Portilla Villamizar y Daniel Fontalvo Jiménez

Figura 2. recolección de tubos fluorescentes y otros materiales



Fuente: Felipe Gómez Flórez y Joel Villamizar Bottia

El 11% efectuó acciones como recolección de residuos inorgánicos en zonas verdes y se resalta el trabajo de las estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial Zahira Cardenas Jaimes y Zorayma Cardenas Tasco, quienes planearon, elaboraron material y desarrollaron una campaña sobre conservación y protección del ambiente y los recursos naturales con los niños de tercero primaria del colegio Carlos Vicente Rey —Sede C— de Piedecuesta. Durante la semana en que socializaron con los niños realizaron, además, actividades enfocadas al eco-arte, ejercicios de separación apropiada de los residuos sólidos y una campaña de limpieza y cuidado de las zonas verdes (**Figura 3**). En la explicación de los resultados de su plan de acción, ambas estudiantes expresaron:

“A lo largo de la semana se les oyó hablar a los niños de los temas trabajados, sus padres comentaron que habían empezado a cambiar algunas rutinas: trataban de colocar los residuos en el lugar apropiado, no pisaban las zonas verdes y evitaron el desperdicio de agua.”

De los alumnos restantes, el 8% sembró 18 árboles cerca de su residencia; el 12% ejecutó actividades no enfocadas a la comunidad, sino en sus propias viviendas, como la recolección de aceite en tarros, y la socialización en familia sobre temas ambientales. El 20% no presentó resultados finales cuantificables.

Figura 3. Actividad de sensibilización y capacitación ambiental en la institución educativa Carlos Vicente Rey —Sede C— del municipio de Piedecuesta

259



Fuente: Zahira Cardenas Jaimes y Zorayma Cardenas Tasco

La inclusión de la etapa “plan de acción” dentro del proyecto integrado original consiguió que el 80% de los educandos actuara sobre problemas reales a nivel de comunidad.

Conclusiones

Las experiencias de aula desarrolladas se constituyeron en una oportunidad para introducir a los estudiantes de primer semestre de ingenierías en el concepto de huella ecológica, de forma teórica y aplicada a través del análisis sobre sus hábitos de consumo y el impacto que generan sobre el ambiente, en un espacio para la reflexión sobre el uso y la gestión de los RAEE desde su posición de actores sociales y en un momento pertinente para concretar los saberes teóricos en acciones a favor del cuidado del ambiente.

A la pregunta “¿Las acciones personales propuestas por los estudiantes quedarán sólo en el papel?” vale la pena responder que sus expresiones en la fase de sensibilización, asociada a la presentación del tema, y durante la elaboración del informe escrito muestran una evidente preocupación por la emergencia planetaria que estamos viviendo. No obstante, ¿cómo lograr que se dé un cambio profundo en su actitud y comportamiento? Gil y Vilches (2011) detallan una serie de acciones concretas que pueden desarrollarse a lo largo del curso y que implican de una manera más directa al educando, tales como la organización de debates documentados en torno a cuestiones ambientales, la participación en ciber-acciones para promover la sostenibilidad y los estudios sobre el impacto que puede generar la reutilización y el reciclado de algunos materiales en el ahorro energético y la reducción de contaminantes.

No está dentro del alcance de las experiencias realizadas evidenciar un cambio en la conducta de los estudiantes a largo plazo, aspecto bastante deseable. Sin embargo, con la introducción de la fase “Acciones a favor del ambiente”, desde el primer semestre de 2017, cuyo propósito fue conseguir que los jóvenes actuaran como inspiradores para que los miembros de su comunidad (conjunto residencial, iglesia, grupo juvenil, entidad educativa) efectuaran acciones por el cuidado de nuestro planeta, se consiguió que el 80% de los educandos actuara sobre problemas reales, aspecto que permite aumentar su percepción y responsabilidad frente al cuidado del medio ambiente.

A modo de cierre, la metodología del proyecto integrado y de la actuación frente a problemas reales de la comunidad, aunada con nuestra labor de educadores, favorece la tarea de ayudar a nuestros estudiantes en la creación de una conciencia comprometida con el cuidado de nuestra única casa: el planeta Tierra.

Bibliografía

BERMÚDEZ, O. (2003): *Cultura y Ambiente. La educación ambiental, contexto y perspectivas*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales.

GARCÍA, R. y VEGA, P. (2009): *Sostenibilidad, valores y cultura ambiental*, Madrid, Ediciones Pirámide.

GIL, D. y VILCHES, A. (2011): “Problemas ambientales y sostenibilidad”, en A. Caamaño (coord.): *FISICA Y QUIMICA Complementos de formación disciplinar*, Barcelona, Editorial Graó, pp. 126-151.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (2002): *Política Nacional de Educación Ambiental SINA*. Disponible en: http://cmap.upb.edu.co/rid=1195259861703_152904399_919/politica_educacion_amb.pdf. Consultado el 14 de febrero de 2018.

OTERO, A. y BRUNO, C. (2010): *Taller de educación ambiental: Actividades y juegos didácticos para docentes de todos los niveles*, Buenos Aires, Ediciones Novedades Educativas.

VÁSQUEZ, C. (2004): “Reflexiones y ejemplos de situaciones didácticas para una adecuada contextualización de los contenidos científicos en el proceso de enseñanza”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 1, n° 3, pp. 214- 223. Disponible en: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3949/3518>. Consultado el 12 de febrero de 2018.

WACKERNAGEL, M. y REES, W. (2001): *Nuestra Huella Ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la tierra*, Santiago de Chile, Editorial LOM.

Cómo citar este artículo

VILLAFRADES TORRES, R. (2019): “Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 251-261.

La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0? *

Fabricação aberta: um caminho alternativo para a indústria 4.0?

Open Manufacturing: An Alternative Path to Industry 4.0?

Raúl Tabarés Gutiérrez **

Desde comienzos de la década del 2010, el concepto de “Industria 4.0” ha ganado popularidad en Europa para referirse a un tipo de factoría automatizada, digitalizada, modulable y flexible, capaz de hacer frente a las necesidades de un ecosistema productivo cada más exigente y cambiante. Pese a que el término fue acuñado inicialmente por el gobierno alemán, este vocablo ha sido ampliamente aceptado en el Viejo Continente, desarrollándose programas de apoyo específicos en cada país, en concordancia con la estrategia de digitalización de la industria que promueve la Comisión Europea. Pero esta transición hacia la fábrica conectada enfrenta multitud de retos que están lejos de ser resueltos a corto plazo. Al mismo tiempo, podemos observar que una nueva cultura de fabricación está surgiendo al albor del “movimiento *maker*”, a través de espacios de producción emergentes como *makerspaces* y *fab labs*, los cuales producen itinerarios de desarrollo tecnológico alternativos. En esta contribución se explora el surgimiento de la “fabricación abierta” y su papel de cara al empoderamiento de la ciudadanía a través de la tecnología, ante la necesidad de anticiparse y prever las brechas digitales que muy probablemente produzca la Industria 4.0.

263

Palabras clave: DIY; apropiación social; cultura digital; movimiento *maker*

* Este artículo se enmarca en el proyecto OPENMAKER – *Harnessing the power of Digital Social Platforms to shake up makers and manufacturing entrepreneurs towards a European Open Manufacturing ecosystem*-, financiado por el programa de investigación de la Comisión Europea Horizon 2020, bajo el número de contrato 687941.

** Investigador en Fundación Tecnalia Research & Innovation, España. Correo electrónico: raul.tabares@tecnalia.com.

Desde o início da década de 2010 o conceito de “Indústria 4.0” ganhou popularidade na Europa para se referir a um tipo de fábrica automatizada, digitalizada, modulável e flexível, capaz de atender às necessidades de um ecossistema produtivo cada vez mais exigente e mutável. Embora o termo tenha sido inicialmente cunhado pelo governo alemão, essa palavra foi amplamente aceita no velho continente, desenvolvendo programas específicos de apoio em cada país, de acordo com a estratégia de digitalização da indústria promovida pela Comissão Europeia. Mas essa transição para a fábrica conectada enfrenta uma infinidade de desafios que estão longe de serem resolvidos em curto prazo. Ao mesmo tempo, podemos observar de que forma uma nova cultura de fabricação está surgindo no alvorecer do “movimento *maker*”, e através de espaços de produção emergentes como *makerspaces* e *fab labs*, os quais produzem itinerários alternativos de desenvolvimento tecnológico. Nesta contribuição explora-se o surgimento da “manufatura aberta” e seu papel diante do empoderamento da cidadania por meio da tecnologia, devido à necessidade de antecipar e prever as brechas digitais que a Indústria 4.0 provavelmente produzirá.

Palavras-chave: DIY; apropriação social; cultura digital; movimento *maker*

Since 2010, the “Industry 4.0” concept has gained popularity in Europe for framing a kind of automated, digitized, modular and flexible factory that can meet the needs of an increasingly changeable and challenging production ecosystem. Although the term was initially coined by the German government, the concept has been widely accepted in the rest of the continent and each Member State of the European Union has developed specific national programs aligned with the strategy of industrial digitization that is currently promoted by the European Commission. But this transition to the smart factory faces several challenges that are far from being solved in the short term. At the same time, we can observe that a new manufacturing culture is emerging due to the “maker movement”, thanks to emerging production spaces, such as makerspaces and fab labs, which are creating alternative technological development pathways. This paper explores the emergence of “open manufacturing” and its role in empowering citizenship through technology, trying to anticipate and prevent the digital divides that the Industry 4.0 is likely to produce.

Keywords: DIY; social appropriation; digital culture; maker movement

Introducción

Las revoluciones tecnológicas han producido históricamente grandes fuentes de riqueza y al mismo tiempo han generado dramáticas y profundas transformaciones sociales. Durante los últimos años hemos sido testigos de cómo nuevas tecnologías disruptivas como la robótica, los sistemas ciber-físicos, el Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), la inteligencia artificial (IA) y otras, están anticipando la transición a una nueva revolución industrial que redefinirá el papel de las fábricas en la economía y la sociedad durante el siglo XXI. La introducción de estas innovaciones de carácter digital radica en la necesidad imperante de las factorías de automatizar y monitorizar los procesos de producción para poder crear nuevos servicios de valor añadido que redunden en ventajas competitivas. La Comisión Europea (CE) está apoyando esta metamorfosis de la industria a través de lo que se conoce como “Industria 4.0”, un término acuñado originalmente en Alemania y que ha sido posteriormente adoptado en Europa, para referirse a un tipo de industria digital, flexible y conectada. El interés de la CE en evolucionar a hacia este tipo de factorías radica en asegurar la posición dominante del sector de la fabricación europeo en el panorama mundial, ante la creciente competitividad global y la incapacidad del viejo continente de hacer frente a las compañías estadounidenses en los nuevos mercados generados gracias a la popularización de la Web e Internet en la sociedad.

Pero esta transición hacia una industria 4.0 está llena de desafíos, incertidumbres e incógnitas que están lejos de ser resultados a corto plazo. Las sombras de desempleo masivo que proyectan la automatización de las factorías, los grandes desembolsos de capital necesarios para la adquisición y mantenimiento de tecnología, los nuevos conflictos que se pueden producir en las fábricas, así como las nuevas formas de alienación que traerán la incorporación de estas tecnologías, provocan una pléyade de dudas sobre la implantación efectiva de esta cuarta revolución industrial.

265

Al mismo tiempo, también observamos que un nuevo tipo de industria digital está surgiendo gracias a la emergencia de comunidades de innovación entusiastas de la tecnología y que se alejan de los paradigmas clásicos de I+D (Tabarés Gutiérrez, 2018). La irrupción del movimiento *maker* ha sido propiciada por el uso de tecnologías libres en el campo de la fabricación digital y la microelectrónica, la popularización de espacios como *makerspaces* y *fab labs* en numerosas ciudades, y el establecimiento de diversas plataformas digitales como infraestructuras de conocimiento en el tercer entorno (Echeverría, 1999). Todo ello ha contribuido a asentar una “fabricación abierta”, con unos valores diferentes a los de la tradicional. En esta contribución se aborda el papel de la fabricación abierta como una alternativa a la Industria 4.0 que pone en el centro al individuo, le empodera a través del aprendizaje y el uso de las nuevas tecnologías, y le dota de las herramientas necesarias para poder desarrollar artefactos e innovaciones que se alejan de enfoques tecnocentristas y deterministas.

1. La urgencia de una Industria 4.0

La economía europea siempre se ha caracterizado por un gran peso del sector de la fabricación, el cual emplea alrededor de 30 millones de personas, contribuye al 80%

de las exportaciones totales y representa alrededor del 16% del PIB de la CE (European Commission, 2013). Pero la crisis financiera que sucedió en 2008 supuso un duro revés para el sector, con una gran pérdida de empleos, principalmente entre trabajadores de baja cualificación. Esto, unido a la deslocalización cada vez mayor de plantas industriales debido a los costes laborales y una competitividad creciente por parte de países emergentes (especialmente en el sudeste asiático), hace peligrar la posición privilegiada del sector a nivel global. Además de esto, existe un consenso acerca de la emergencia de una nueva revolución industrial de la mano de diversas tecnologías disruptivas que provienen del fenómeno digital y que provocarán una transformación radical en la sociedad (Brynjolfsson y McAfee, 2014; Schwab, 2016). A pesar de todo esto, se prevé que la fabricación siga manteniendo un peso importante en términos de empleo en Europa en 2025 (EU Skills Panorama, 2014) y en este sentido, el desarrollo de factorías digitales, conectadas y flexibles es fundamental para consolidar este objetivo. La digitalización de la industria europea es uno de los horizontes que la Comisión Europea está impulsando a lo largo de diferentes políticas destinadas a modernizar las fábricas europeas y mejorar sus capacidades, para poder hacer frente a un ecosistema de producción más complejo y cambiante.

Por ello, desde 2010 un nuevo paradigma industrial se ha ido extendiendo por la mayoría de los estados miembros de la UE, denominado Industria 4.0. Este término es el que se utiliza para describir un ecosistema de producción mucho más automatizado, digitalizado y flexible. A pesar de que el término fue utilizado por primera vez en 2011 en la feria de Hannover Messe por un grupo de trabajo específico, el gobierno alemán ha utilizado este término para apoyar a sus fabricantes nacionales en la digitalización de sus procesos de producción (Verniere, Van der Straeten, Torfs, Venderlinden y Van den Kerkhof, 2017) y también como una forma de “marketing tecnológico” para hacer frente a la cada vez mayor competencia internacional. Este paradigma de industria digitalizada y conectada ha sido ampliamente aceptado por otros países a nivel europeo y cuenta con el respaldo de la CE. Uno de los informes publicados por el Parlamento Europeo define a la Industria 4.0 como “un término que se utiliza para definir un grupo de transformaciones rápidas en el diseño, producción, control y servicio de sistemas y productos fabricados” (Davies, 2015: 2).

Otros términos como smart factories, advanced manufacturing o industrial Internet of things también han coexistido o coexisten con el de Industria 4.0, pero han ido perdiendo popularidad en favor de éste, ya que cada vez es más aceptado en el Viejo Continente y fuera de él. Tenemos que aclarar que en países como Estados Unidos o Reino Unido, encontramos también otros términos para referirse a este paradigma de digitalización tales como “empresa conectada” o “cuarta revolución industrial” (Morrar, Arman y Mousa, 2017). Básicamente, las potencialidades de esta Industria 4.0 residen en las nuevas posibilidades que la digitalización de los procesos de producción puede aportar a las factorías, así como la introducción de un componente de descentralización en la toma de decisiones, a través de la conectividad entre máquinas y humanos en tiempo real. Esta nueva revolución industrial aspira a conectar digitalmente todo lo que gira alrededor de la factoría, tanto dentro como fuera de ella (proveedores, planta, distribuidores, intermediarios, productos, servicios

asociados), con el fin de conseguir una cadena de valor altamente integrada (Davies, 2015). Esta transformación de los procesos de producción en las factorías necesita a su vez de un apoyo político significativo; por ello la CE está impulsando diferentes acciones de investigación e innovación como el programa *Factories of the Future*, donde colaboran diferentes entes, tanto público como privados, del mundo de la academia, la industria y la administración pública.¹ Grandes inversiones se han promovido a través de este programa y más de 2000 organizaciones se han beneficiado de esta iniciativa, gracias a los cerca de 240 proyectos que se han financiado durante los últimos años (Pazin, 2017). Este esfuerzo de la CE está coordinado también con otras estrategias nacionales que distintos Estados miembros han desarrollado en sus países para apoyar a sus fabricantes nacionales.

Como se puede ver en la **Figura 1**, la mayoría de los países de la zona euro han desarrollado un programa específico dentro de su territorio para apoyar esta transición tecnológica de las empresas. Podemos entrever que en un futuro próximo se lanzarán nuevos programas y políticas a nivel nacional y europeo, aunque también debemos aclarar que la implementación efectiva de estos programas es muy dispar. En nuestro país, por ejemplo, solamente un 10% de las ayudas ofrecidas por el gobierno ha sido ejecutado (Bueno, 2017). Este hecho puede tener varias explicaciones, como pueden ser la falta de una cultura innovadora que promueva una actitud favorable hacia el cambio, la falta de conexión de las empresas con la I+D nacional e internacional, o la burocracia que ahuyenta a las empresas a pedir este tipo de ayudas (especialmente pequeñas y medianas empresas - pymes). Por todo ello, la digitalización de la industria tradicional es un gran desafío, ya que requiere de la colaboración de diferentes actores que no han estado presentes en el sector fabril tradicionalmente y requerirá de esfuerzos coordinados para tratar de promover estas dinámicas.

267

1. Se puede consultar más información sobre este programa de colaboración público-privada en el siguiente enlace: https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html.

Figura 1. Iniciativas nacionales de Industria 4.0 en diferentes países de la UE



Fuente: European Commission, 2017a

268

Tenemos que recordar que el sector de la fabricación es de suma importancia de cara al empleo en Europa, con alrededor de 30 millones de puestos de trabajo directos y 60 millones de carácter indirecto (Pazin, 2017), además de que el 59% de estos empleos se distribuyen en pymes (European Commission, 2013). Estos datos ayudan a comprender la importancia de la fabricación en la agenda política europea y, sobre todo, destacar el grado de interconexión del sector con instituciones, empresas, universidades, centros de investigación y otros agentes. Por ello, las implicaciones políticas y sociales del devenir de la industria supera con creces a otros sectores. La CE, a través de algunos de sus representantes como Andrus Ansip, vicepresidente de la CE para el Mercado Único Digital, ha subrayado la necesidad de alinear las diferentes políticas nacionales, con el objetivo de apoyar la digitalización de la industria en reiteradas ocasiones:

“Felicito a los Estados Miembros que han comenzado sus diversas iniciativas nacionales, comprometiendo importantes recursos financieros y organizativos para digitalizar la industria europea. Do you una calurosa bienvenida a los recién llegados y animo a otros países a unirse a esta iniciativa. Esta plataforma europea es un ejemplo de una Unión Europea colaborativa y cohesionada. Este es un gran esfuerzo a nivel europeo, pero solo producirá resultados positivos si los Estados Miembros colaboran y apoyan a las comunidades de innovación en la industria que operan en sus diferentes regiones con el objetivo de impulsar la transformación digital” (European Commission, 2017a).

Esta declaración subraya la necesidad de establecer sinergias entre los diferentes Estados miembros de la Unión Europea y responde a la importancia social de la fabricación y el reto que supone su transformación a través de la digitalización. La necesidad de mejorar la competitividad de la industria europea y afianzar su papel en la economía global, se produce en un contexto de competitividad creciente del sector, pero particularmente de las economías emergentes del sudeste asiático y del papel cada vez más dominante de las factorías chinas. Otro motivo para llevar a cabo esta transformación es el peso que tiene el sector de la fabricación en la economía alemana, mucho mayor del que tienen países como Estados Unidos o Reino Unido, lo que, unido al dominio total de las compañías norteamericanas (Amazon, Apple, Facebook, Google y Microsoft, entre otros) en la nueva industria que ha propiciado Internet, hace sumamente difícil competir con este tipo de compañías en los nuevos mercados digitales. Esta es una de las razones que explican por qué Alemania y Europa han adoptado con urgencia esta estrategia de digitalización de la industria, de cara a afianzar la posición privilegiada de la fabricación europea a nivel mundial (Fuchs, 2018) y con el objetivo de generar nuevos empleos de calidad, contribuir a un aumento de las exportaciones y a la generación de riqueza en general, desde el fortalecimiento del sector.

Sin embargo, la digitalización de la industria no es un proceso acotado en el tiempo, ya que la introducción de las nuevas tecnologías digitales para monitorizar procesos industriales requiere de recursos y personal cualificado que puedan mantener, mejorar y actualizar los sistemas informáticos permanente y continuamente. Tecnologías disruptivas como el *big data*, la robótica colaborativa, el IoT, la IA, los sistemas ciber-físicos o la fabricación aditiva, redefinirán los procesos operativos de las factorías, creando nuevas oportunidades para maximizar la eficiencia, agilidad y flexibilidad en la fabricación, y añadiendo capas de información digital que mejorarán el funcionamiento de las máquinas (Keller, Rosenberg, Brettel y Friederichsen, 2014).

269

Pero la adopción de estas tecnologías por parte de la industria plantea una serie de retos que van más allá de su mera adquisición por parte de las empresas. La integración de estas nuevas tecnologías digitales en los procesos de fabricación implica una transformación compleja que requiere repensar el papel de las infraestructuras, los recursos, los procesos y las propias organizaciones.

2. Retos y desafíos de la Industria 4.0

La implantación del paradigma de la Industria 4.0 presenta varias problemáticas que están lejos de ser resueltas a corto plazo. La necesidad de acometer grandes inversiones para adquirir tecnología y hacerse cargo de su mantenimiento presenta grandes barreras de entrada a las pymes, y hay que recordar que el tejido industrial europeo se caracteriza por una gran presencia de este tipo de empresas (European Commission, 2013). Por ello, es muy probable que puedan verse forzadas a cooperar con el fin de compartir recursos y crear sinergias entre sus cadenas de valor (IEC, 2015), así como las grandes empresas se verán también obligadas a actuar en estas redes debido a la alta interconexión existente entre organizaciones en el sector. Las asimetrías que se pueden producir en los procesos de digitalización que afronten las

regiones puede ser otro de los problemas que dificulten el desarrollo de este nuevo paradigma industrial, ya que las desigualdades entre los Estados miembros pueden obstaculizar el potencial de una economía europea basada en los datos (European Commission, 2017a). En este sentido, cabe recordar que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han demostrado a lo largo de la historia su potencial para provocar brechas digitales en múltiples dimensiones (Di Maggio y Hargittai, 2001) y las administraciones deberán observar muy de cerca cómo evolucionan estos procesos a nivel regional y local con el fin de garantizar una industria digitalizada, pero también inclusiva en todo el continente.

Otra de las dificultades que se entrevén en el horizonte está relacionada con la introducción de tecnologías que favorecen la automatización en los puestos de trabajo en las factorías, con la consecuente obsolescencia de muchas de las habilidades actuales de los trabajadores de las plantas industriales. Por ello, muchos de los empleados que se encuentren en esta situación se verán abocados a incorporar nuevas habilidades de cara a mantener su empleabilidad en el sector. Estos fenómenos que en inglés se conocen como *de-skilling* y *re-skilling* tendrán que ser afrontados por parte de la administración y por las empresas, con una política activa de formación que pueda contrarrestar estos efectos adversos de la automatización sobre el empleo, al igual que ha sucedido en otras revoluciones industriales. A pesar de que existe una literatura cada vez más abundante sobre el futuro impacto de la digitalización y la automatización sobre el empleo, no existe un consenso sobre cuál será la cantidad aproximada de empleos que pueden verse afectados por esta transición (Winick, 2018). Podemos entrever que los empleos más susceptibles de verse afectados por esta revolución tecnológica serán los de baja y mediana cualificación, que tienen asociado un nivel de ingresos medios y que también fueron los más afectados en el siglo XIX (Frey y Osborne, 2013).

270

Sin embargo, existe al mismo tiempo un gran desafío para formar en la sociedad los recursos humanos necesarios para poder liderar esta nueva revolución tecnológica, ya que muchas de las tecnologías que abanderan esta transformación digital demandarán una alta especialización. Este es uno de los mayores problemas que se han identificado a día de hoy, ya que se estima que 9 de cada 10 empleos requerirán habilidades digitales y, de momento, un 44% de europeos de entre 16 y 74 años (unos 169 millones de personas) no posee habilidades digitales básicas (European Commission, 2017b). Este hecho contrasta con las necesidades específicas del sector, en el cual se prevén que varios cientos de miles de empleos con habilidades digitales puedan crearse en torno a 2020 (Gareis, Hüsing, Birov, Bludova, Schulz y Korte, 2014).

Como hemos visto en esta sección, la importancia de la fabricación para Europa es mayúscula, por varios factores. A pesar de que hay razones de peso para ser escéptico sobre una rápida transformación en la mayoría de los países que conforman la CE (acceso a financiación, falta de cultura innovadora, tamaño de las empresas, etc.), podemos observar el comienzo de una transición hacia un nuevo ecosistema de innovación dentro de la factoría, que proporcionará terreno firme para el desarrollo de una sociedad pos-industrial, donde la creación de servicios de valor

añadido asociados a la fabricación de productos será de carácter primordial. La fábrica es el lugar donde las ideas se convierten en productos tangibles (Sol, 2015), pero también sigue siendo el lugar donde sucede la lucha de clases. Por ello podemos entrever que esta transformación de los medios de producción provocará nuevos conflictos políticos y sociales, ya que la digitalización de la industria implica repensar por completo el rol de la industria en la sociedad y la economía.

3. La irrupción del movimiento *maker*

El “movimiento *maker*” es el término que acuñó Dale Dougherty para englobar a las personas que se apasionan con las tecnologías libres provenientes del *open hardware* y el *open software*, para crear nuevos artefactos o desarrollar proyectos colaborativos con un alto grado de innovación (Dougherty, 2012). Otros autores también se han referido a este fenómeno como “cultura *maker*” (Anderson, 2012; Smith, Fressoli, Abrol, Arond y Ely, 2017), con el fin de resaltar los valores que encierra esta nueva filosofía de empoderamiento ciudadano a través de la tecnología.

El origen del movimiento *maker* radica en la expiración de varias patentes, y su posterior popularización en la sociedad, en los campos de la fabricación digital y la IoT. Tecnologías como la microelectrónica, los microcontroladores, la impresión 3D y el diseño en 3D, en combinación con un régimen de producción social (Benkler, 2006) o peer to peer (P2P) y un énfasis en el aprendizaje informal (tanto *online* como *offline*) (Tabarés-Gutiérrez, 2016), han permitido que diversas comunidades de entusiastas de la tecnología hayan desarrollado innovaciones de muy diverso tipo, fuera de los modelos de innovación más clásicos (Lundvall, 1992). Podemos retrotraernos hasta la década de 1920, con el fenómeno de la radio pirata (Haring, 2008) o con el famoso *Tech Model Railroad Club* del MIT (Levy, 2010) para contextualizar cómo la filosofía *Do It Yourself* (DIY) (Kuznetsov y Paulos, 2010) y la ética *hacker* (Himanen, 2002) han estado presentes en la sociedad desde hace varias décadas, y cómo ahora estos movimientos parecen volver a resurgir con fuerza. El DIY engloba el diseño, el arte y las manualidades; sus límites son confusos, ya que no es fácil delimitar cada uno de estos campos. Algunos autores intentan definir el DIY como “cualquier creación, modificación o reparación de objetos sin la ayuda de profesionales remunerados” (Kuznetsov y Paulos, 2010: 1).

Como podemos observar, esta definición enfatiza los componentes de altruismo y amateurismo que están en el núcleo del movimiento *maker* (Dougherty, 2012) y que beben a su vez de la ética *hacker* (Himanen, 2002). Estas dos filosofías comparten la pasión por la tecnología y las potencialidades de ésta para cambiar el mundo y hacer de él un lugar más justo. Estos valores fueron los que también tenían los pioneros de la informática personal, Internet y la web, y los que caracterizaron a la contracultura norteamericana del siglo XX (Barbrook y Cameron, 1996). Esta nueva ola de empoderamiento personal a través de la tecnología está condicionada por lo que se conoce como *open hardware*: todas aquellas tecnologías que poseen un diseño abierto, que permiten desarrollar objetos y artefactos de forma que no requiera una producción en masa. Esto, unido al ya establecido *open software*, brinda caminos

alternativos para la I+D, a través del desarrollo de innovaciones que pueden satisfacer las necesidades de colectivos marginales o no convenientemente atendidas por la producción en masa.²

Pero la cultura *maker* también presenta diferencias con la cultura *hacker*, ya que, mientras la segunda está más preocupada por el código que se desarrolla, la primera está más preocupada por el diseño, la apariencia física y el funcionamiento de otros objetos físicos que se crean, reparan o modifican:

“Hoy nos encontramos en medio de una nueva cultura hacker (o cultura *maker*) que vuelve a reclamar un modelo de producción tecnológica como empoderamiento individual y que se aleja de la anterior en varios modos. Esta cultura *maker* se preocupa no sólo de Internet y otros artefactos digitales, sino también de artefactos físicos tales como diseños de *hardware*, sensores y conectores que fusionan el mundo digital y el físico. Si bien el movimiento anterior se enfocaba en el funcionamiento de la programación del *software* e Internet, este movimiento *maker* se preocupa de los diseños de *hardware* y el funcionamiento de la Internet de las Cosas” (Lindtner, 2014: 146).

272

Como argumenta Lindtner, los *makers* experimentan con la tecnología, al igual que los *hackers*, pero su alcance es mucho más amplio que los anteriores, ya que las nuevas tecnologías de código abierto permiten fusionar mundos físicos y virtuales (Gershenfeld, 2005) en artefactos que no tienen un diseño propietario. Es por esto que el surgimiento de diferentes iniciativas de código libre como Arduino, *Raspberry Pi* o *RepRap*, han supuesto una auténtica revolución, ya que han permitido a su vez desarrollar multitud de innovaciones de bajo coste por diferentes usuarios repartidos por todo el mundo. Estas plataformas de código abierto han asentado las bases para que multitud de innovadores anónimos pueda crear prototipos y desarrollar ideas que pueden mejorarse continuamente sin tener que disponer de una gran factoría o de acometer una producción en masa. La irrupción de la fabricación personal y la microelectrónica en la sociedad se ha producido por la apropiación social de estas tecnologías de código libre, pero también por la difusión de innumerables espacios dedicados a la cultura *maker* como son *makerspaces*, *fab labs* o *hackerspaces*.

Dichos espacios han experimentado un crecimiento notable en los últimos años y en ellos podemos encontrar impresoras 3D, escáneres 3D, kits de soldadura, cortadoras láser y otras herramientas que permiten llevar a cabo la fabricación de diversos objetos. Además, también ofrecen diferentes actividades tales como

2. Un ejemplo de esto último es el desarrollo de prótesis y órtesis en 3D para niños con algún tipo de discapacidad física que necesitan de estos recursos para llevar una vida normal. El hecho de que en el mercado generalista este tipo de soluciones sean de carácter propietario, hace que su precio sea inabordable para muchas familias sin los recursos necesarios. Por ello han surgido iniciativas como *Enabling the Future*, una red de apoyo internacional en la que diversos colectivos e individuos contribuyen al desarrollo de estas innovaciones para mejorar la calidad de vida de multitud de niños en todo el mundo. Más información en la dirección web: <http://enablingthefuture.org/>.

seminarios, cursos y talleres (Niaros, Kostakis y Drechsler, 2017) que están orientadas hacia el aprendizaje de dichas herramientas y que tratan de unir diferentes disciplinas STEAM (*science, technology, engineering, arts y mathematics*) en proyectos colaborativos que permiten empoderar a la ciudadanía a través de la tecnología. En dichos espacios, se alienta el uso de hardware y software libre, además de apoyarse en metodologías de aprendizaje colaborativo P2P.

Figura 2. Maker faire de Bilbao (2017)



Fuente: fotografía propia

Desde el surgimiento de la *Fab Lab Network*, allá por 2000 y de la mano de Neil Gershenfeld, que por aquel entonces era el director del *Centre for Bits and Atoms* (CBA) del MIT (Gershenfeld, 2005), multitud de fab labs han abierto sus puertas y a día de hoy superan la cifra de 1200 centros activos por todo el mundo.³ Otro tanto podemos decir de los *makerspaces*, con más de 1400 espacios declarados como activos en la wiki colaborativa de *Hackerspaces*.⁴ Dichos números dan una idea de la magnitud del fenómeno, el cual ha denotado un considerable crecimiento en los últimos años, también ayudado por el papel que juegan plataformas digitales como *Thingiverse*, que permiten descargar, cargar, documentar, compartir, debatir y aprender sobre diferentes proyectos, utilizando la web e Internet como infraestructura. El papel de este tipo de repositorios digitales ha sido crítico, ya que dichas plataformas hacen posible que diferentes usuarios de todo el mundo puedan replicar

3. Esta cifra se ha extraído del siguiente enlace: <https://www.fablabs.io/labs>.

4. Más información en: https://wiki.hackerspaces.org/List_of_Hacker_Spaces.

un proyecto realizado en otra parte del mundo o bien, compartir o mejorar un proyecto ya realizado, con otros usuarios de la plataforma a nivel mundial. Estas plataformas constituyen unas infraestructuras de conocimiento que son de incalculable valor para diferentes personas que participan del movimiento al compartir información y co-crear iniciativas gracias a estas infraestructuras. Este régimen de acceso a bienes culturales digitales que podríamos catalogar también como procomún digital (Gutiérrez, 2018) ha sido posible gracias al desarrollo del tercer entorno (Echeverría, 1999) y de comunidades auto-organizadas dentro de él, con intereses específicos y que trabajan en un régimen de producción social altruista (Benkler, 2006) para el mantenimiento de dichos recursos.

Por último, los eventos dedicados a ensalzar la cultura *maker* también han jugado un papel clave en la popularización del fenómeno. Las *maker faires* o ferias *maker* constituyen el evento de referencia para las comunidades *maker*, ya que ayudan a conectar a los diferentes espacios, colectivos e individuos que participan del fenómeno. Este tipo de eventos han sido impulsados desde 2006 por la revista *Make Magazine* (Sivek, 2011) para celebrar el movimiento *maker*, visibilizar a todos los proyectos que son desarrollados bajo esta filosofía y dar a conocer el fenómeno a la sociedad y otros agentes que normalmente no participan de él. Durante los últimos años, estos eventos se han vuelto muy populares con un gran éxito de público y atención de los medios, además de consolidarse en multitud de países. En nuestro país, por ejemplo, se han celebrado ferias *maker* en ciudades como Barcelona, Bilbao (**Figura 2**), León, Madrid o Santiago de Compostela.

274

4. La fabricación abierta

La irrupción y consolidación del movimiento *maker* (Anderson, 2012; Dougherty, 2012; Hatch, 2013), la popularización de la producción social entre iguales (P2P) (Benkler, 2006) y la creciente importancia de los procomunes digitales en la sociedad (Gutiérrez, 2018) han contribuido a propiciar formas alternativas de creatividad, innovación y producción tecnológica que se alejan de las políticas clásicas de I+D (Lundvall, 1992). Este fenómeno ha sido favorecido por la cada vez más común presencia de espacios colaborativos como *fab labs*, *makerspaces* y *hackerspaces* en áreas urbanas (Martelloni *et al.*, 2017; Niaros *et al.*, 2017; Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018), al igual que por el creciente uso de plataformas digitales como *Thingiverse* y otros, permitiendo a múltiples individuos crear, compartir, re-mezclar y co-crear diferentes objetos tecnológicos y diseños que pueden ser monetizados (o no), a través de una variedad de modelos de negocio basados en comunidades de usuarios (Wolf y Troxler, 2016).

Como hemos visto anteriormente, esta consolidación de formas alternativas de desarrollo tecnológico responde a la evolución del movimiento DIY y la cultura *hacker*, que a través del movimiento *maker* ha visto aumentada sus posibilidades. Por ello, multitud de proyectos se han beneficiado de estas plataformas de código abierto y de las prácticas asociadas a su desarrollo, que permiten a infinidad de usuarios poder mejorar y contribuir a un proyecto ya establecido, sin tener que empezar de cero y poder seguir su desarrollo paso a paso. El movimiento *maker* se ha beneficiado enormemente por lo

que se conoce como diseño abierto (*open design* en inglés), que “se refiere ampliamente al diseño, desarrollo y distribución de productos y sistemas que se habilitan a través del acceso público y recursos de información compartidos” (Green *et al.*, 2017: 2).

Compartir información no es una idea nueva ya que fue uno de las mantras con los que surgió la web (Berners-Lee, 2000), pero desde la irrupción del fenómeno web 2.0 y el establecimiento de diversas plataformas orientadas a compartir información de todo tipo, hemos asistido a la creación de hábitos en nuestra sociedad que son impulsados por la cultura digital que ha ayudado a desarrollar Internet y la web. Sólo así se explica la irrupción de la economía colaborativa (Sundararajan, 2016) y otras prácticas similares que han sido impulsadas por el desarrollo de una cultura participativa dentro del tercer entorno (Echeverría, 1999).

La popularización del diseño abierto no sólo ofrece beneficios para los *makers*, sino también para los fabricantes tradicionales (Green *et al.*, 2017), ya que es una fuente continua de creatividad e innovación que se puede aplicar al desarrollo de nuevos productos o servicios. Además, el diseño abierto también permite la transformación de las estructuras organizativas de las empresas (Hamalainen y Karjalainen, 2017), algo que seguramente demandará la digitalización de la industria, para poder usar todo el potencial de las nuevas tecnologías en las factorías. Por otro lado, la irrupción de modelos de negocio asociados al diseño abierto, que son impulsados principalmente por *makers*, se caracterizan por incorporar componentes de innovación social como el hedonismo y el altruismo en su propuesta de valor, los cuales no han estado habitualmente en las empresas tradicionales (Troxler y Wolf, 2017; Wolf y Troxler, 2016), ya que suelen estar orientadas a intentar maximizar sus beneficios (Quintanilla, 2018).

275

Estas nuevas prácticas no se ciñen al movimiento *maker*. El surgimiento de nuevos fabricantes de bajo coste en China, que también utilizan prácticas P2P, ha demostrado su utilidad de cara a las empresas tradicionales (Silvia Lindtner, Greenspan y Li, 2015). Por ello, establecer un diálogo entre fabricantes y *makers* puede ser beneficioso para ambos, ya que los primeros pueden aportar a los segundos una actitud positiva ante la tecnología, la experimentación y una cultura proclive a la innovación (Tabarés Gutiérrez, 2018; Quintanilla, 2005). Dichos elementos pueden considerarse críticos de cara a la introducción favorable de las tecnologías digitales en las factorías. En este sentido, los *makers* pueden ayudar a los fabricantes tradicionales a abrazar el cambio y favorecer una cultura de la innovación en las factorías, lo cual será demandado también por la digitalización de la industria a través del paradigma de la Industria 4.0.⁵ Al mismo tiempo, los *makers* pueden beneficiarse de las aptitudes de gestión, normalización y producción masiva de las que disponen los fabricantes tradicionales, los cuales poseen unos valores diferentes en torno a la innovación (automatización, eficiencia y aversión al cambio, entre otras). Sin embargo, se necesitan nuevas infraestructuras para establecer un

5. Entendemos como fabricantes tradicionales principalmente a las pymes que se encuentran involucradas en grandes cadenas de valor de sectores como el de la automoción o el aeroespacial, y no disponen de los recursos necesarios para gestionar un sistema de I+D.

diálogo productivo entre fabricantes tradicionales y *makers*, ya que disponen de diferentes actitudes y valores, así como intereses y motivaciones dispares para la colaboración. Esta es un área que todavía no ha sido muy explorada y que exige de investigaciones rigurosas que puedan desentrañar cuáles son las potencialidades de las hibridaciones entre estas dos culturas de fabricación (Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018).

Es en este choque de culturas donde surge el paradigma de la fabricación abierta (*open manufacturing* en inglés). La idea de la fabricación abierta radica en utilizar tecnologías libres en los procesos productivos, en combinación con valores que promuevan la sostenibilidad y la innovación social (Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018). En la lógica detrás de la fabricación abierta hay una combinación de tecnologías abiertas disruptivas como IoT y la impresión en 3D, valores alternativos como la producción social y nuevos espacios de producción (*fab labs*, *makerspaces*) que no solamente utilizan *software* y *hardware* abiertos, sino también protocolos y procesos abiertos. Así, se abre todo un horizonte, en el cual los objetos físicos pueden producirse de manera abierta, colaborativa y distribuida en base al diseño abierto y los principios *open source* (Bauwens, 2010; Kostakis, Niaros, Dafermos y Bauwens, 2015).

A pesar de que la fabricación abierta es un término en rápida transformación, nos gustaría proponer nuestra propia definición, la cual enunciamos como la aplicación de los valores y principios del movimiento del *software* libre a los procesos de producción, caracterizándose principalmente por herramientas clave como los datos abiertos, el *software* abierto, el hardware abierto, las redes distribuidas, la colaboración, el intercambio de información y la transparencia. Esta definición responde al auge del movimiento *maker* y la popularización de las prácticas asociadas al movimiento *open source*, en dominios diferentes a los que se originó (producción de *software*). Los retos que tiene ante sí este paradigma emergente están relacionados sobre todo con la productividad, la competitividad y la generación de riqueza, ya que esta nueva forma de fabricación no busca la maximización de los beneficios (Troxler y Wolf, 2017; Wolf y Troxler, 2016) y no responde a las leyes económicas clásicas, ya que se persigue producir impactos sociales y ambientales positivos, y no meramente económicos. Además, las barreras que se presentan de cara a la industrialización son encomiables (Lindtner *et al.*, 2015), pero no por ello debemos pensar que la fabricación abierta es una moda pasajera, ya que ejemplos populares como WikiHouse o Fairphone han inspirado otras iniciativas singulares como OpenROV o Loomio. Además, grandes compañías como IKEA o Leroy Merlin también están experimentando con este tipo de prácticas para involucrar a clientes y otros usuarios en sus procesos de innovación. Una tendencia que es fácilmente reconocible desde la irrupción de la innovación abierta en la gestión empresarial (Chesbrough, 2003; Von Hippel, 2005).

276

5. La necesidad de empoderar a la ciudadanía ante una nueva revolución industrial

Como hemos expuesto a lo largo del artículo, la agenda política europea ha trazado una estrategia muy ambiciosa para la transformación digital de la industria, en la que

subyace la necesidad de modernizar las factorías con tecnologías que provean la capacidad de automatizar, monitorizar y dotar de “inteligencia” a los procesos productivos. Esta necesidad imperiosa de digitalizar las factorías radica en asegurar la posición privilegiada del sector europeo a nivel global, e ir introduciendo posteriormente servicios avanzados asociados a los procesos de fabricación, que puedan aportar ventajas competitivas en un mercado cada vez más exigente y fragmentado. Pero como hemos desgranado anteriormente, este paradigma de Industria 4.0 se enfrenta a multitud de retos y desafíos que parecen lejos de ser resueltos a corto plazo, debido a la complejidad de los mismos. La mera introducción y adquisición de nuevas tecnologías digitales por parte de las empresas no parece que sea una solución que vaya a producir beneficios inmediatos para las factorías. Es más: lo más probable es que genere diversas problemáticas a nivel organizativo, diversas necesidades en materia de adaptación, especialización y formación, y probablemente nuevos conflictos laborales en las plantas.

En este sentido, y como hemos ido recapitulando en esta contribución, la irrupción del movimiento *maker* ha afianzado la consolidación de una nueva cultura de fabricación que dispone de unos valores diferentes a los que se pueden encontrar en la fabricación tradicional, tales como la eficiencia, la efectividad, la maximización de los beneficios, el enfoque tecnocentrista en la organización del trabajo, las jerarquías organizativas y la gestión del tiempo, por citar algunos de ellos. Por el contrario, la fabricación abierta ofrece una nueva serie de valores que provienen de la ética hacker y la cultura *maker*, y que priorizan el uso de tecnologías no propietarias, el diseño abierto, compartir información, la co-creación entre iguales, la experimentación, la sostenibilidad, el bien común y el empoderamiento de la ciudadanía a través del uso de la tecnología, entre otros. Este choque de culturas de fabricación que se produce en los albores de una transición hacia una sociedad pos-industrial es de máxima importancia para entender cuáles son las necesidades de las empresas en esta nueva industria digital. Más, si cabe, cuando el papel de los datos se revela como uno de los principales baluartes de una nueva economía digital basada en los intangibles, que demandará de nuevos enfoques para gestionar la innovación en el sector de la fabricación en general, pero sobre todo en las pymes, las cuales no suelen disponer de los recursos para hacerlo adecuadamente.

Estas diferencias ilustran en buena medida los retos y desafíos que afronta la industria europea, la cual está conformada por enormes cadenas de valor en las que fabricantes de la talla de Volkswagen ejercen una posición dominante en ciertos sectores y, al mismo tiempo, son integrantes de complejas redes en las que la mayoría de los actores son pymes con escasos recursos para gestionar la innovación.⁶ Por ello, los riesgos que entraña la digitalización de la industria europea son mayúsculos, ya que la introducción de nuevas tecnologías en las factorías más avanzadas puede generar desigualdades de gran calado que lleven al traste con el futuro de diversas naciones, regiones, organizaciones, colectivos e individuos.

6. Fabricantes tan reconocidos como Volkswagen ejercen una posición privilegiada en largas cadenas de valor del sector, donde opera una multitud de pymes que deben cumplir con una serie de normas y criterios de calidad que les vienen impuestos por estas empresas de referencia.

En este sentido, debemos recordar que la economía digital que están promoviendo las compañías de Internet se basa en el monopolio de la captura, gestión, agregación, tratamiento, filtrado y reutilización de datos, que luego utilizan para crear nuevos servicios (asistentes digitales, motores de recomendación y otros) y que monetizan de diferentes formas. Estas prácticas se han catalogado por diferentes autores como *platform economy* o economía de las plataformas para denotar la posición dominante y muchas veces abusiva que ejercen estas mega-corporaciones en Internet (Kenney y Zysman, 2016; Srnicek, 2017). Y es que tecnologías avanzadas tales como las redes neuronales, el *big data* o el *machine learning* no están al alcance de todas las empresas, sino que están reservadas para aquellas que puedan acceder y manejar un volumen de datos ingente y disponer al mismo tiempo de los recursos computacionales y humanos especializados necesarios para tratarlos y generar a partir de ellos, innovaciones y servicios que redunden en ventajas competitivas. Este es el verdadero reto que enfrenta la industria europea a través de la digitalización, ya que el riesgo de promover al mismo tiempo una industria exclusiva y desigual a lo largo del continente es latente.

Por otro lado, la necesidad de invertir en la formación de capital humano que pueda liderar esta revolución industrial es uno de los mayores desafíos que enfrenta el Viejo Continente (European Commission, 2017b). Pero, además, porque la necesidad de habilidades digitales también se ceba con la igualdad de género y con otras minorías que no participan de los beneficios que promueve la digitalización (Quirós *et al.*, 2018). Por ello, en esta contribución se enfatizan los valores de la fabricación abierta como contrapunto al enfoque tecnocentrista y determinista de la Industria 4.0. Si bien este paradigma impulsado desde la agenda política apunta a la modernización de la industria a través de la tecnología, la fabricación abierta confía en el aprendizaje informal y colaborativo, el acceso a la información, la co-creación de conocimiento y la producción social de artefactos como ventajas competitivas de una industria emergente que puede facilitar la transición hacia una sociedad pos-industrial.

A nuestro entender, este enfoque debería priorizarse desde la agenda política, ya que no cabe duda de que la introducción de estas tecnologías disruptivas en las empresas producirá numerosas brechas digitales en las factorías. Brechas que pueden manifestarse también en forma de fenómenos de *de-skilling* u obsolescencias de las habilidades de los trabajadores en sus puestos de trabajo. Creemos, por tanto, que la mejor manera de combatir estos fenómenos es previniéndolos con una estrategia activa de formación, capacitación y empoderamiento de la ciudadanía por parte de la administración y otros agentes privados.

Tabla 1. Valores que impulsan la Industria 4.0 y la fabricación abierta

Industria 4.0	Fabricación abierta
Enfoque tecnocentrista	Enfoque competencial
Estructura centralizadora	Estructura descentralizadora
Tecnologías propietarias	Tecnologías libres
Capital privado/riesgo	<i>Crowdfunding</i>
Acceso restringido a la información	Libre acceso a la información
Procesos opacos	Procesos transparentes
Maximización de beneficios	Beneficio social

Fuente: elaboración propia

En este sentido, los *fab labs*, *makerspaces* y otros espacios ya preestablecidos por la geografía de numerosas ciudades europeas ya están realizando esas acciones de difusión y apropiación social de la tecnología para con la ciudadanía de manera sumamente activa. Por ello, establecer puentes y potenciar sinergias entre estos espacios y los fabricantes tradicionales puede ser sumamente interesante de cara al desarrollo de alianzas que permitan introducir los retos que propone la Industria 4.0, de una manera “entrañable” y no alienante (Quintanilla, 2018). Las fortalezas de este enfoque radican en la introducción y difusión de tecnologías disruptivas digitales, que están en el núcleo de la Industria 4.0, tales como la fabricación aditiva o el IoT, pero a través de un aprendizaje social, grupal y principalmente informal, que permita a los individuos desarrollar las habilidades digitales básicas que necesitan para desenvolverse adecuadamente en esta nueva industria digitalizada (Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018). Además, el hecho de utilizar tecnologías libres y abiertas que pueden ser inspeccionadas y modificadas por sus usuarios permite desarrollar un pensamiento crítico respecto a la tecnología que se desarrolla, lo cual debería estar en el corazón de una verdadera revolución tecnológica.

Tecnologías libres y abiertas que fueron patentadas en su día por la industria, pero debido a la falta de masa crítica para poder utilizarlas, no se han popularizado hasta que los derechos de explotación industrial han vencido y han pasado al dominio público. Este fenómeno ilustra muy bien como el mero desarrollo de tecnologías disruptivas no implica un nuevo paradigma de innovación, ya que es un fenómeno mucho más complejo en el que la difusión, la popularización y la apropiación social de la tecnología por parte de administraciones, empresas, emprendedores y la sociedad juegan un papel clave en la generación de nuevos mercados y modelos de negocio.

Por ello en este texto se subraya la necesidad de prestar atención a las necesidades formativas que demandará la digitalización de la industria como uno de los principales factores a la hora de la implementación efectiva de este paradigma en el continente europeo. Anticiparse y prever cómo deben ser mitigadas las posibles brechas y desigualdades que esta industria digital puede crear en las factorías

europas no sólo es una responsabilidad para con la ciudadanía, sino uno de los factores principales para que esta Industria 4.0 sea capaz de proveer de bienestar, prosperidad y riqueza.

Conclusiones

La urgencia en el despliegue del paradigma de la Industria 4.0 en el Viejo Continente responde a la necesidad de asegurar la posición dominante del sector de la fabricación europeo a nivel global. Esta necesidad de digitalización de la industria ha sido impulsada inicialmente por el gobierno alemán y posteriormente por los diversos Estados miembros y la CE, de cara a la generación de servicios de alto valor añadido alrededor de la fabricación, y presenta varios retos de gran complejidad debido a la idiosincrasia del sector. Creemos que un enfoque de transformación digital liderado por la adquisición y transferencia de tecnología hacia las empresas puede producir grandes desigualdades entre ellas y crear dramáticas transformaciones que pongan en peligro el papel tradicional que juega la industria como generadora de bienestar social. Esto, unido a las debilidades que tienen las pymes a la hora de gestionar la innovación, hace que sea necesario desplegar estrategias específicas orientadas a este colectivo para promover una digitalización inclusiva.

280

Al mismo tiempo, y cómo hemos tratado de trasladar en el texto, una nueva cultura de fabricación está emergiendo gracias a las nuevas infraestructuras de conocimiento digitales y los nuevos espacios de producción, que ofrecen vías alternativas para el desarrollo tecnológico y que se alejan de los clásicos itinerarios de las políticas de I+D. La fabricación abierta ofrece numerosas oportunidades para reenganchar a la ciudadanía con la actividad fabril, pero también para su empoderamiento de cara a una nueva revolución tecnológica en el horizonte. En este sentido creemos que es de suma importancia poner el foco en la transición hacia una sociedad postindustrial en la formación, utilizando un enfoque competencial y que fomente el aprendizaje colaborativo, con el fin de desarrollar las habilidades y aptitudes necesarias de cara a una sociedad digital. Por ello, debemos aclarar que la adquisición de competencias en fabricación digital no debe remitirse únicamente al desarrollo de capacidades, sino también al fomento de un pensamiento crítico respecto al desarrollo tecnológico.

Esto debería ser uno de los principales baluartes de la próxima revolución industrial para desarrollar una sociedad más igualitaria e inclusiva, que atienda a las necesidades de la ciudadanía para generar y compartir riqueza, empleo y prosperidad, y que no responda solamente a los intereses económicos de diversos conglomerados industriales que buscan aumentar sus beneficios.

Bibliografía

ANDERSON, C. (2012): *Makers: the new industrial revolution*, Random House.

BARBROOK, R. y CAMERON, A. (1996): “The Californian ideology”, *Science as Culture*, vol. 6, n° 1, pp. 44–72. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09505439609526455>.

BAUWENS, M. (2010): “The Emergence of Open Design and Open Manufacturing”, *We*, vol. 2. Disponible en: <http://www.we-magazine.net/we-volume-02/the-emergence-of-open-design-and-open-manufacturing/#.WOSgTWclHIU>.

BENKLER, Y. (2006): *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*, New Haven y Londres, Yale University Press.

BERNERS-LEE, T. (2000): *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web*, Nueva York, Harper Collins.

BRYNJOLFSSON, E. y MCAFEE, A. (2014): *The Second Machine Age*, Nueva York, Norton & Company.

BUENO, C. (2017): “España solo consume el 10% de las ayudas a la industria 4.0”, *El Economista*. Disponible en: <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/factoria/noticias/8773989/11/17/Espana-solo-consume-el-10-de-las-ayudas-a-la-industria-40.html>.

281

CHESBROUGH, H. (2003): *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard, Harvard Business Press.

DAVIES, R. (2015): *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf).

DIMAGGIO, P. y HARGITTAI, E. (2001): “From the ‘Digital Divide’ to ‘Digital Inequality’: Studying Internet use as Penetration Increases”. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/bem.20484>.

DOUGHERTY, D. (2012): “The Maker Movement”, *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, vol. 7, n° 3, pp. 11–14. Disponible en: https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135.

ECHEVERRÍA, J. (1999): *Los señores del aire: Telépolis y el tercer entorno*, Barcelona, Destino.

EU SKILLS PANORAMA. (2014): *Advanced manufacturing Analytical Highlight*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01176301>.

EUROPEAN COMMISSION (2013): *Factories of the Future - Multi-Annual Roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020*, Bruselas.

EUROPEAN COMMISSION. (2017a): “European countries join forces to digitise industry”. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-countries-join-forces-digitise-industry>.

EUROPEAN COMMISSION (2017b): “The Digital Skills Gap in Europe”. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-skills-gap-europe>.

FREY, C. B. y OSBORNE, M. A. (2013): “The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114, pp. 254–280.

FUCHS, C. (2018): “Industry 4.0: The Digital German Ideology”, *Triple C: Communication, Capitalism & Critique*, vol. 16, n° 1, pp. 280–289.

GAREIS, K., HÜSING, T., BIROV, S., BLUDOVA, I., SCHULZ, C. y KORTE, W. (2014): *E-skills for jobs in Europe: Measuring progress and moving ahead*.

GERSHENFELD, N. (2005): *Fab: The coming revolution on your desktop - From personal computers to personal fabrication*, Nueva York, Basic Books.

GREEN, D. P., BJORN, P., REITER, A., FUCHSBERGER, V., KIRK, D., TAYLOR, N. y LINDTNER, S. (2017): “Open Design at the Intersection of Making and Manufacturing”, *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '17*, pp. 542–549. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3027063.3027087>.

282

HAMALAINEN, M. y KARJALAINEN, J. (2017): “Social manufacturing: When the maker movement meets interfirm production networks”, *Business Horizons*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.007>.

HARING, K. (2008): *Ham Radio's Technical Culture*. Cambridge, The MIT Press.

HATCH, M. (2013): *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*, Londres, McGraw Hill.

HIMANEN, P. (2002): *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*, Barcelona, Destino.

IEC (2015): *Factory of the Future. Switzerland*. Disponible en: <https://doi.org/Strategie>.

KELLER, M., ROSENBERG, M., BRETTEL, M. y FRIEDERICHSEN, N. (2014): “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective”, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 8, n° 1, pp. 37–44. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.213>.

KENNEY, M. y ZYSMAN, J. (2016): “The Rise of the Platform Economy”, *Issues in Science and Technology*, vol. 32, n° 3, p. 61.

KOSTAKIS, V., NIAROS, V., DAFERMOS, G. y BAUWENS, M. (2015): “Design global, manufacture local: Exploring the contours of an emerging productive model”, *Futures*, vol. 73, pp. 126–135. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.09.001>.

KUZNETSOV, S. y PAULOS, E. (2010): “Rise of the Expert Amateur?: DIY Projects , Communities , and Cultures”, *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, pp. 295–304, ACM.

LEVY, S. (2010): *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*. O'Reilly, Nueva York, Dell Publishing. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0267-3649\(86\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0267-3649(86)90036-1).

LINDTNER, S. (2014): “Hackerspaces and the Internet of Things in China: How makers are reinventing industrial production, innovation, and the self”, *China Information*, vol. 28, pp. 145–167. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0920203X14529881>.

LINDTNER, S., GREENSPAN, A. y LI, D. (2015): “Designed in Shenzhen: Shanzhai Manufacturing and Maker Entrepreneurs”, *Aarhus Series on Human Centered Computing*, vol. 1, p. 12. Disponible en: <https://doi.org/10.7146/aahcc.v1i1.21265>.

LUNDVALL, B. A. (1992): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres, Pinter Publ.

MARTELLONI, L., LOBASCIO, A., COMO, E., GIORGI, D., LOTTI, G., FIESOLI, I. y TABARÉS-GUTIÉRREZ, R. (2017): *Universities, Enterprises and Maker Communities in Open Design & Manufacturing across Europe?: An exploratory study*. Disponible en: <http://odmplatform.eu/wp-content/uploads/2017/05/D3.1-ODM-Research-Report-Integral.pdf>.

283

MORRAR, R., ARMAN, H. y MOUSA, S. (2017): “The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective”, *Technology Innovation Management Review*, vol. 7, n° 2.

NIAROS, V., KOSTAKIS, V. y DRECHSLER, W. (2017): “Making (in) the Smart City: The Emergence of Makerspaces”, *Telematics and Informatics*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.004>.

PAZIN, Z. (2017): “Factories 4.0: The Future of European Manufacturing”. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blog/factories-40-future-european-manufacturing>.

QUINTANILLA, M. Á. (2005): *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*, Mexico DF, Fondo de Cultura Económica.

QUINTANILLA, M. Á. (2018): “Engaging Technologies: Criteria for an Alternative Model of Technological Development”, en B. Laspra y J. A. López-Cerezo (eds.): *Spanish Philosophy of Technology - Contemporary Work from the Spanish Speaking Community*, Cham, Springer.

QUIRÓS, C. T., MORALES, E. G., PASTOR, R. R., CARMONA, A. F., IBÁÑEZ, M. S. y HERRERA, U. M. (2018): *Women in the Digital Age*. Disponible en: <https://doi.org/10.2759/526938>.

SCHWAB, K. (2016): "The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond". Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>.

SIVEK, S. C. (2011): "We Need a Showing of All Hands: Technological Utopianism in MAKE Magazine", *Journal of Communication Inquiry*, vol. 35, pp. 187–209. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0196859911410317>.

SMITH, A., FRESSOLI, M., ABROL, D., AROND, E. y ELY, A. (2017): *Grassroots Innovation Movements*, Londres, Routledge.

SOL, E.-J. (2015): *Factories 4.0 Europe: A vision for the future of manufacturing in Europe as the result of the 4th industrial revolution*, Eindhoven.

SRNICEK, N. (2017): *Platform Capitalism*, Cambridge, Polity Press.

SUNDARARAJAN, A. (2016): *The Sharing Economy*, Cambridge, The MIT Press.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2016): "Approaching maker's phenomenon", *Interaction Design and Architecture(s)*, vol. 30, pp. 19–29.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2018): "La importancia de la cultura tecnológica en el movimiento maker", *Arbor*, vol. 194, n° 789, a471. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/arbor.2018.789n3013>.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2018): "Understanding the role of digital commons in the web; The making of HTML5", *Telematics and Informatics*, volume 35, n° 5, pp. 1438-1449.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R., BARTOLOMÉ, T., MARTELLONI, L., DE AMICIS, L., BINENTI, S. y RUSHTON, E. (2018): *Exploring the Emergent Open Manufacturing Industry - OPENMAKER White Paper v1.0*. Disponible en: <http://openmaker.eu/wp-content/uploads/2018/02/D4.3-White-paper-version-1.0.pdf>.

TROXLER, P. y WOLF, P. (2017): "Digital maker-entrepreneurs in open design: What activities make up their business model?", *Business Horizons*, vol. 60, n° 6, pp. 807–817. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.006>.

VERNIERE, P., VAN DER STRAETEN, J., TORFS, D., VENDERLINDEN, S. y VAN DEN KERKHOF, G. (2017): *Industry 4.0: hype or reality? The current state of play in Flemish manufacturing*.

VON HIPPEL, E. (2005): *Democratizing Innovation*, Cambridge, The MIT Press. Disponible en: <http://web.mit.edu/evhippel/www/democ1.htm>.

WINICK, E. (2018): “Every study we could find on what automation will do to jobs, in one chart”, *Technology Review*. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/s/610005/every-study-we-could-find-on-what-automation-will-do-to-jobs-in-one-chart/>.

WOLF, P. y TROXLER, P. (2016): “Community-based business models Insights from an emerging maker economy”, *Interaction Design and Architectures*, vol. 30, pp. 75–94.

Cómo citar este artículo

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2019): “La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0?”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 263-285.

El latente debate sobre la ingeniería y la ciencia *

O debate latente sobre engenharia e ciencia

The Latent Debate Regarding Engineering and Science

Javier Aracil **

Este artículo trata de las relaciones entre la ciencia y la ingeniería, al tiempo que se analizan la técnica y las tecnologías, tan relacionadas con aquellas dos. El punto de vista que aquí se defiende no es el convencional en nuestros días, sino que tiene ciertas reminiscencias del vigente hasta hace pocos decenios, aunque está elaborado con una perspectiva que incorpora elementos actuales. En los argumentos que aquí se discuten, la ingeniería se identifica como la forma superior de la técnica, siguiendo una propuesta de Ortega y Gasset que tuvo gran aceptación en su tiempo, pero que últimamente parece olvidada. Este autor declaró también en su *Meditación de la técnica* que “la técnica [es] la reforma que el hombre impone a la naturaleza en vista de la satisfacción de sus necesidades”.¹ Esta afirmación puede servir de punto de partida del presente artículo.

287

Palabras clave: ciencia; técnica; ingeniería; mundo artificial

* Este artículo se ha beneficiado de los comentarios —a versiones previas— de Jesús Vega Encabo, Lino Camprubí, Juan Gil Fernández, Pascual Riesco, Miguel Toro, Manuel Silva, Francisco Gordillo y un anónimo revisor. Con todos ellos el autor está en deuda por su contribución.

** Profesor emérito del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla, España. Académico de número de la Real Academia de Ingeniería de España. Correo electrónico: jaracil@us.es.

1. Esta cita de Ortega no debe hacer olvidar que, en su famoso ensayo *La rebelión de las masas* (capítulo IX y aledaños), afirmaba que “la técnica es consustancialmente ciencia”. ¿Moduló Ortega su punto de vista en los años que separan este ensayo de *La meditación de la técnica*?

Este artigo trata das relaciones entre a ciência e a engenharia, analisando a técnica e as tecnologias, tão relacionadas a essas duas. O ponto de vista aqui defendido não é o convencional em nossos dias, mas tem certas reminiscências do que existia até algumas décadas atrás, embora seja elaborado a partir de uma perspectiva que incorpora elementos atuais. Nos argumentos aqui discutidos, a engenharia é identificada como a forma superior da técnica, seguindo uma proposta de Ortega y Gasset que teve grande aceitação na época, mas que ultimamente parece esquecida. Este autor também afirmou em seu *Meditación de la técnica* que “a técnica [é] a reforma que o homem impõe à natureza em vista da satisfação de suas necessidades”. Esta afirmação pode servir de ponto de partida do presente artigo.

Palavras-chave: ciência; técnica; engenharia; mundo artificial

*This paper addresses the relationship between science and engineering, at the same time that it analyzes techniques and technologies, which are so closely related to those two topics. The point of view that is argued here is not the conventional one at present; it is somewhat reminiscent of the one adopted a few decades ago, although it is set forth with a perspective that incorporates current elements. In the arguments detailed here, engineering is identified as the higher form of technology, following a proposal by Ortega y Gasset that was widely accepted at the time, but lately seems overlooked. This author stated in his well-known book, *Thoughts on Technology*, that “technology [is] the reform that man imposes on nature towards the satisfaction of his needs”. This statement could serve as a starting point to this paper.*

Keywords: science; technology; engineering; artificial world

“La spéculation est un luxe,
tandis que l'action est une nécessité”
Henri Bergson, *L'évolution créatrice*

1. El controvertido cuadrado formado por la técnica, la ingeniería, la ciencia y la tecnología

Para abordar el debate al que alude el título del artículo, en este primer apartado vamos tratar de precisar el uso que se hace en él de cuatro términos: “técnica”, “ingeniería”, “ciencia” y “tecnología”. Estos términos se pueden disponer en los vértices de un cuadrado, cuyos lados y diagonales representan las relaciones entre pares de ellos.

Empezando por “técnica”, esta palabra designa, en el sentido más corriente, las habilidades prácticas que se asocian a la realización efectiva de una determinada actividad (sea una obra de arte, la labor en un laboratorio o el virtuosismo en la ejecución de una obra musical, entre la multitud de actividades que se pueden llevar a cabo). En este sentido se habla de la pericia técnica que se adquiere como resultado de la experiencia y el saber hacer adquiridos mediante la práctica, con el complemento de algún conocimiento, además de dotes innatas para llevarla a cabo. Así se habla de la técnica de un pintor, de técnica musical, de la técnica matemática en la resolución de un problema, de técnica jurídica, de técnica de laboratorio, entre otras muchas. Se puede decir que hay una técnica relativa a cada actividad humana. De hecho, “técnica” se deriva de la voz griega *tékhne* (τέχνη, habilidad o destreza para hacer y producir).

289

En un sentido más restringido, la técnica significa la producción de bienes en general y comprende las artes, los oficios y la base material de las sociedades, mediante las cuales se ha elaborado la parte material del mundo artificial, formado por el sinnúmero de artefactos que hemos construido los humanos buscando satisfacer alguna necesidad, por lo que se dice que están dotados de utilidad, que son provechosos o que permiten alcanzar algún beneficio de tipo práctico. Curiosamente, forman la parte menos encumbrada y prestigiosa de todas las culturas, aunque sea una de las más básicas. La forma más elaborada de estas actividades da lugar a la “técnica del ingeniero”.

En efecto, en paralelo con lo que se acaba de exponer, “ingeniería” alude al dominio que se ocupa de concebir, proyectar, construir, mantener y gestionar la explotación eficiente de obras civiles, embarcaciones, explotaciones agrícolas y ganaderas, sistemas de regadíos, reservas forestales, minas, productos textiles y químicos, máquinas y manufacturas mecánicas, procesos productivos, aeronaves, centrales energéticas, modos de organización industrial, dispositivos electrónicos, redes de comunicaciones, el mundo de la informática, incluyendo también alteraciones genéticas y un interminable etcétera. La vastedad de dominios que abarca la ingeniería hace que no sea factible en la práctica una definición extensiva del campo que cubren, aunque la diversidad de actuaciones implicadas dificulta también una definición intensiva. Si bien en todas sus labores se encuentra un rasgo común: se

trata de reconducir los fenómenos naturales para producir objetos o sistemas artificiales con los que reducir la dependencia directa de los seres humanos con respecto a las vicisitudes a las que los somete el medio natural en el que viven, o aun de satisfacer necesidades caprichosas que ellos mismos se han forjado en una pretendida búsqueda de mayor bienestar. Es decir, son las actividades cruciales para erigir el mundo artificial.

La manera básica de hacer ingeniería es la transformación de una idea concebida para obtener alguna utilidad o beneficio, en algo dotado de existencia real y efectiva, y a lo que se ha de proporcionar un funcionamiento adecuado, que sea a la vez eficiente, robusto y económico. El complejo y variado proceso de actuaciones que comprenden desde la concepción hasta la explotación de artefactos es el dominio específico de la ingeniería y constituye un ámbito de reflexión en el que se entrelazan formas de racionalidad que guardan semejanza con las que emplean los científicos, con otras habilidades de más difícil caracterización, pero que no son ajenas a las de los artistas al realizar sus creaciones.

De este modo al hablar de “técnica” está implícito el uso de “ingeniería”, formada por las cumbres de la vasta cordillera de la técnica. Y así se dice que la ingeniería es la forma superior, o más elaborada, de la técnica. Por ello no nos vamos a entretener más, de momento, en precisar qué es la ingeniería. A lo largo del artículo se puntualizarán matices de esta incompleta definición. En todo caso, la fusión de técnica e ingeniería conduce a que en el cuadrado con el que se ha empezado esta sección, el lado correspondiente a estos dos términos se pueda achicar hasta casi confundir los dos vértices. Sin embargo, esta fusión no debe hacer olvidar que todo ingeniero es un técnico, pero no al revés.

290

Vamos a ocuparnos ahora de “tecnología”, cuyo uso en español ha sufrido cambios sustanciales durante los últimos años, que atañen a la tesis que se defiende en este artículo. En esa voz, el sufijo “-logía” da lugar, en la actualidad, a variadas acepciones. La más relevante en el mundo académico debería ser consistente con la etimología, según la cual la “-logía” (–λογία, el estudio de algo) se refiere al tratado que reúne los saberes sobre un determinado ámbito, en este caso la técnica (de forma análoga a como la biología se ocupa de los saberes relativos a los seres vivos). Así, se habla de tecnología mecánica o de tecnología eléctrica, como el estudio de la técnica que se lleva a cabo con medios mecánicos o eléctricos, o que conduce a artefactos de esas naturalezas, respectivamente. Este uso es habitual en las asignaturas que se imparten en las escuelas de ingenieros, aunque en las facultades de ciencias no se suelen ofrecer esas mismas asignaturas. También es frecuente encontrarse con expresiones como las de tecnología militar, con un sentido semejante al anterior. Asimismo se habla de tecnología popular (Caro Baroja, 1983).

La ausencia de un cuerpo teórico único y válido para todo el vasto dominio de la técnica (incluso limitada a la técnica del ingeniero) ha determinado que “tecnología”, en la acepción que se acaba de mencionar, se haya empleado siempre acompañada por un adjetivo que indica el dominio particular del que se trata, como sucede en los casos citados en el párrafo anterior. De acuerdo con el significado que se está comentando, las tecnologías aportan los conocimientos mediante los cuales los

ingenieros realizan sus labores, y quedarían subsumidas por la técnica. Así, es consistente con lo que se está proponiendo hablar de las tecnologías pero no de la tecnología —éste era el uso tradicional del término.

Pero, recientemente, por influencia angloamericana, se ha puesto de moda emplear “tecnología” en otro sentido, según el cual el logos con el que se hace la técnica moderna se identifica con la ciencia, que sería la que suministraría el conocimiento básico para llevar a cabo los artefactos que conciben y hacen los ingenieros. El médico estadounidense Jacob Bigelow (1787-1879) preconizó, a principios del siglo XIX, el término *technology* como “*the application of the sciences to the useful arts*” (Bigelow, 1831). De este modo, la tecnología se definiría como la técnica hecha a partir del conocimiento científico, de manera que la eficacia de los artefactos estaría sancionada por la ciencia convencional, y no tanto por la propia eficiencia mostrada por cada artefacto. Esta acepción alcanzó gran éxito en el mundo universitario de Estados Unidos —MIT, Caltech—, frente a la gran mayoría de los centros que en Europa se conocen como politécnicos. En español, a remolque del inglés, se emplea también “tecnología” como resultado de una perezosa traducción de *technology*, que afecta no sólo a una palabra sino a un concepto (el supuesto carácter de la técnica moderna como mera aplicación de la ciencia).

Como resulta patente, según esta acepción la tecnología no sería predominantemente empírica, sino que su racionalidad le sería impuesta, con exclusividad, por su dependencia de la ciencia moderna. En este sentido, la tecnología monopolizaría el uso de la razón en el ámbito de la técnica, quedando la técnica tradicional limitada a reglas heurísticas sin especial contenido intelectual (Quintanilla, 2005: 46). Así, los partidarios de esta acepción de “tecnología” admiten implícitamente un divorcio entre la técnica tradicional y el empleo depurado de la razón, olvidando además que la razón no es patrimonio exclusivo de la ciencia, ni de nadie. Más adelante, veremos algún problema que trae esa forzada distinción entre la técnica tradicional y la moderna. De momento, debemos recordar que en las obras públicas y en las grandes embarcaciones del mundo clásico, entre otras maravillas de la técnica de la antigüedad, el recurso a la razón en nada desmerece al requerido por las más elaboradas realizaciones de la ingeniería moderna, habida cuenta de la época en la que se produjeron esas obras. Es como si se pretendiera que la técnica no hubiese alcanzado su desarrollo pleno hasta el advenimiento de la ciencia contemporánea, convirtiéndose entonces en tecnología.

En consecuencia, no resulta extraño encontrar enunciados en los que la tecnología se define como la ciencia aplicada a la resolución de problemas concretos, de carácter utilitario y práctico. Hay incluso quienes llegan a considerarla como la rama de la ciencia que se ocuparía de esas aplicaciones. Pero, con ello se le asigna el papel que tradicionalmente había tenido la ingeniería y se confunde con lo que siempre ha sido la labor propia de los ingenieros. ¿Se convertirían con ello los ingenieros en meros “tecnólogos”? No resulta extraño que los científicos, entre otros, se dirijan a los ingenieros, acaso pretendiendo halagarlos, llamándolos así: tecnólogos —y en algún caso, en efecto, logran su propósito, colmando la vanidad ávida de modernidad de algunos ingenieros.

Se comprende que los científicos sean, de forma mayoritaria, partidarios militantes y devotos de esta acepción de “tecnología” que les permite sentirse patrocinadores, en primera línea, de la técnica moderna. De este modo se sienten partícipes directos e imprescindibles para la invención del mundo artificial, y no indirectos, a través de los conocimientos con los que contribuyen a un mejor conocimiento del universo y a los que los ingenieros recurren cuando lo estiman oportuno. Cuando los científicos se ocupan de aplicaciones, no suelen referirse a ellas con el término “técnica” (pues deben considerarlo poco prestigioso): siempre dicen que hacen tecnología, que es lo que tiene para ellos la apropiada categoría. Esto no es de extrañar, ya que entre los científicos es frecuente que, cuando hablan de técnica, tengan en mente con preferencia la labor auxiliar que llevan a cabo los técnicos de laboratorio. Incluso, a veces, cuando citan algún procedimiento experimental lo denominan una tecnología.

Del mismo modo, es habitual que se diga que una empresa, o un grupo de investigación, posee una tecnología cuando tiene un procedimiento o método —un saber hacer— para resolver una cierta clase de problemas prácticos. Asimismo, se emplea a veces “tecnología” para referirse a los objetos producidos mediante la técnica. Igualmente, es muy frecuente que se emplee eludiendo el adjetivo en “tecnología digital”, aunque se suponga implícito. Esta acepción ha adquirido gran difusión especialmente con “nuevas tecnologías”, que se empezó asociando con la última modernidad en el dominio de la electrónica digital, y ahora se emplea con profusión en otros dominios de la técnica moderna. En realidad, los usos que se están haciendo de “tecnología” son mucho más variados de lo que se acaba de exponer.

292

En todo caso, el uso de “tecnología” se ha puesto de moda y ha adquirido gran repercusión en los medios intelectuales y científicos, y especialmente en los medios de comunicación o entre políticos. Es una palabra con muchas sílabas y que suena engolada, lo que es del gusto contagioso de estos días. De hecho, se comporta como un archisílabo, esas palabras artificialmente sobredimensionadas para que suenen más enfáticas e importantes, como las definió Aurelio Arteta.²

Pero sucede también que en la actualidad “técnica” y “tecnología” es corriente que se usen como sinónimos, e incluso se considere al primero de los términos como algo anticuado y casposo. La lengua goza de autonomía en la elección de las palabras y por tanto no debería de haber nada que objetar a ese uso sinónimo, como no sea que empobrece el lenguaje al eludir matices y devaluar su riqueza y precisión. Por esto último, en ciertos medios cultos se sigue manteniendo el uso de “técnica” para aludir al conjunto de actividades que hemos llevado a cabo los humanos, desde nuestros remotos orígenes, para crear el mundo artificial en el que nuestra especie ha alcanzado su auge actual. En esas actividades se produce una inflexible continuidad, sin rupturas como consecuencia de la aparición de la ciencia.

Sin embargo, con todos los variados e inconexos usos de la voz “tecnología”, se ha producido un indeseable barullo que se encuentra profundamente implantado y se ha

2. Aurelio Arteta, “La moda del archisílabo”, *El País*, 21 de septiembre de 1995.

caído en tópicos difíciles de eliminar, aparte de no favorecer la reflexión clara sobre el mundo de la técnica ni la precisión lingüística en ese contexto. Es posible que sea tarde para revisar esos usos, pese a que la nueva moda no ha aportado mayor claridad al discurso sobre estas cuestiones, sino todo lo contrario. Además, el uso sinónimo de “técnica” y “tecnología” desvirtúa completamente la pretensión de que el segundo de ellos tenga el significado de técnica llevada a cabo con el concurso predominante de la ciencia.³

Una consecuencia de la acepción que se está cuestionando es que la ciencia y la tecnología serían prácticamente indisolubles, de ahí denominaciones como “tecnociencia” y también la expresión en boga, aunque algo más larga, de “ciencia y tecnología”, que se han convertido en una especie de señuelo conjunto. De acuerdo con el punto de vista de los partidarios tanto de “tecnociencia”, como de “ciencia y tecnología”, y simplificando mucho, la ciencia se ocuparía de las ideas a partir de las cuales se desencadenaría toda actuación técnica, mientras que la técnica lo haría de los aspectos meramente instrumentales para llevar a la práctica esas ideas. Asimismo, arguyen los partidarios de esa fusión, que en el incremento de los bienes de consumo que caracteriza nuestra sociedad ha tenido una influencia relevante el conocimiento científico, lo cual es indiscutible, pero olvidan que para que esa influencia se produzca se requiere además la capacidad de imaginar la posible utilidad de ese conocimiento para satisfacer alguna necesidad, lo que no es algo trivial, como veremos más abajo.

La llamada tecnociencia parece tener su origen en la “gran ciencia” (*big science*) que se lleva a cabo en grandes instalaciones científicas, y en las que se alardea de una supuestamente inseparable conjunción entre la actividad propiamente científica y la necesidad de elaborados medios técnicos. Así, si se visita un instituto astrofísico se comprueba que, en efecto, en él coexisten científicos e ingenieros (y técnicos en general), por lo que sería, para los partidarios de ese término, una muestra evidente de tecnociencia, la cual formaría una unidad en la que se contendría tanto la ciencia como la técnica. Pero, por el contrario, lo que resulta patente en esos mismos institutos es que no se requiere que los científicos que trabajan en ellos tengan conocimientos técnicos, más allá de una noticia superficial de lo que pueden esperar de los instrumentos que los ingenieros ponen a su disposición. Al mismo tiempo, lo único que se pide a los ingenieros que desarrollan su labor en esas instituciones es que ejerzan correctamente la labor técnica que se les encomienda, y no que dispongan de conocimiento alguno sobre las teorías cosmológicas para las que conciben instrumentos con los que recabar datos —aunque puedan tenerlo, pero por su gusto. De este modo, en esos institutos se pone claramente de manifiesto la diferencia entre ingenieros y científicos, aunque trabajen aparentemente para lo mismo, en idéntico lugar. Por eso hablar de tecnociencia como de algo dotado de

3. También se ha puesto de moda el acrónimo STEM (science, technology, engineering and mathematics), propuesto por la National Science Foundation para referirse a la educación en los dominios correspondientes, en el que, a los efectos que aquí interesan, se admite implícitamente que la técnica (la tecnología) y la ingeniería son cosas diferentes, como pretenden los científicos. CTIM es el equivalente en español de STEM.

entidad propia (y no como la simple agregación de actividades notoriamente diferenciadas, aunque resulten complementarias para realizar ciertas investigaciones científicas) conduce a una falacia intelectual. Pero es que, además, ¿cabría admitir que un ámbito de aplicaciones concretas (el de la “gran ciencia”), por importante que sea, pueda justificar la adopción de esa denominación genérica para toda la técnica —y al mismo tiempo para la ciencia, aunque por esto último se pasa de puntillas? La parte, además de sesgada, se confunde con el todo.

Para terminar la anterior digresión conviene que nos detengamos un momento en analizar la distinta motivación que tienen la ciencia y la técnica. La ciencia pretende saciar la curiosidad que suscita la variedad de fenómenos naturales que se producen en nuestro entorno y a los que subyacen pautas regulares y predecibles, y al aplacar ese anhelo se genera el acervo de saberes que cultivan celosamente los científicos. Y así se construye el grandioso edificio del conocimiento científico, formado por creencias racionales, corroboradas experimentalmente, por lo que son acreedoras del calificativo de verdaderas —de ahí el crédito que tiene la ciencia en el mundo del pensamiento. Por otra parte, la técnica, y con ella la ingeniería, está formada por el cúmulo de actividades mediante las cuales se busca de forma primaria obtener formas de utilidad, como se viene insistiendo en este artículo.

Asimismo interesa destacar que en la técnica, lo mismo que en la ingeniería, ocupa un papel preponderante el hacer, mientras que en la ciencia la preeminencia la tiene el saber. Mediante la técnica del ingeniero se desarrollan capacidades que nos facultan para acceder a mundos insólitos —el prodigioso mundo artificial que nos cobija— y somos capaces de hacer cosas que sin ella no podríamos hacer —como haber ido a la Luna y regresado después. En este sentido se argumenta con frecuencia que la propia técnica ha surgido de la misma pretensión de manipular las cosas (de manipular el ser, que diría algún metafísico), manipulación que lleva incluso implícita una actitud violenta con respecto a la naturaleza, a la que se altera cuando ello es necesario para lograr las metas de orden práctico perseguidas. Pero, por su parte, la ciencia lo que anhela es alcanzar el conocimiento objetivo, por lo que tiene un trasfondo radicalmente epistémico, que además ha sido tradicionalmente considerado como desinteresado —extremo éste que resulta cuestionado, especialmente en nuestros días. Todo ello conduce a proclamar la diferencia radical entre la ciencia y la ingeniería (la técnica en general) por las metas dispares que persiguen una y otra. Hay que tener en cuenta, además y de forma destacada, que los objetivos pretendidos conforman los métodos para alcanzarlos.

En realidad, esa desigualdad no es sino una consecuencia última de las ideas de Platón, que estableció una tajante distinción entre *tékhnē* y *epistemē*, que se ha mantenido incólume en gran parte del pensamiento occidental. El mundo de la filosofía siente gran fascinación por el de la ciencia —pues comparten orígenes— a la que cabe considerar la obra colectiva más maravillosa del conocimiento humano. Sin embargo, esos mismos pensadores no se han interesado, o lo han hecho sólo secundariamente, por la técnica, que es la que ha suministrado el soporte tangible de la civilización en la que viven, beneficiándose de la técnica, pero sin hacerle demasiado caso en sus especulaciones.

Como resumen de lo anterior se puede decir que en nuestras relaciones con el mundo natural los humanos hemos desarrollado dos tipos de actividades: la búsqueda de la utilidad que se pueda extraer de ese mundo; y la satisfacción de la curiosidad que suscitan los fenómenos que ocurren en él —dejando de lado aspectos irrenunciables de la aventura humana como son el explorar el sentido de la vida, el indagar en el arte y en el enigmático papel de la libertad y la razón en la convivencia social, entre otros semejantes. Aquellos dos tipos de actividades han dado lugar, a lo largo de los tiempos, a formas peculiares de actuación, idóneas para los distintos objetivos que se persiguen en cada una de ellas, y que han fraguado en dos tipos de profesiones, ingenieros y científicos, cada una de las cuales está supeditada a cánones propios y peculiares. Desde el Renacimiento, y en particular durante el siglo XVIII, en la época gloriosa de la Ilustración, la conjunción de la ciencia y la ingeniería se producía de forma instintiva entre quienes las practicaban, pues el conocimiento aún era escaso y una misma persona podía saber de todo (incluso filosofía). Grosso modo se puede decir que, en esos tiempos, ciencia y técnica, pese a sus radicalmente diferentes motivaciones y orígenes históricos, podían ser ejercidas por las mismas personas. Sin embargo, a lo largo del XIX se produjo una inevitable bifurcación, que condujo al establecimiento actual de preceptos claramente diferenciados para la práctica de cada una de esas dos actividades, y con ello se abrió un precipicio entre ambas.

Una vez analizados, aunque sea someramente, los cuatro términos que forman el cuadrado que se ha bosquejado al principio de este apartado, y especialmente algunas de las relaciones entre ellos, estamos en disposición de analizar su función en el mundo de nuestros días, colmado de artificios que facilitan e incrementan nuestro bienestar.

295

2. La técnica y el género *Homo* surgen a la vez

La técnica ha desempeñado un papel fundamental en el proceso de hominización: en la transformación del simio superior en ser humano. No existen humanos sin técnica. Descendemos por línea directa de los que tallaron los productos líticos que se remontan a los primeros pasos dados por *Homo* sobre la Tierra, hace ya unos dos millones de años. Esos productos fueron el resultado de unas excepcionales facultades mentales, superiores a todo lo conocido en el mundo animal (aunque se insinúen sutilmente en los simios superiores, entre otros animales; la naturaleza no da saltos). Estas facultades permitieron a los primitivos homínidos idear cosas útiles transformando aquello que encontraban en su entorno, con lo que vieron favorecida su supervivencia y estimulado su florecimiento. Muchísimo más tarde, se plantearon otras cuestiones más especulativas y surgieron el arte, la filosofía y la ciencia. Tanto ellos como sus descendientes tuvieron un éxito sin parangón con la explotación de esas técnicas primitivas y de resultados de ello aquí estamos nosotros, junto con otros 7500 millones de congéneres.

Hace unos 10.000 años tuvo lugar la revolución agrícola del Neolítico, punto de partida de la civilización, que está asociada a una actividad genuinamente técnica: la agricultura, en la que se engloban las labores tanto de los agricultores como de los ganaderos. Las plantas seleccionadas y cultivadas por los primeros, y los animales domesticados y estabulados por los segundos, constituyen actividades primigenias para la emergencia del mundo artificial posterior. En paralelo con esa revolución se fomenta el sedentarismo, y con él aparecen más tarde las ciudades, que promueven la convivencia entre los humanos y se convierten en el germen del mundo civilizado. Con la Revolución Neolítica surgen igualmente herramientas agrícolas, armas, embarcaciones elementales y canoas, algunos artículos domésticos, como los utensilios culinarios y los recipientes de barro, y la rudimentaria vestimenta, entre otros artificios. Aparecen luego los reinos y los imperios, espacios propicios para la propagación de ideas y conocimientos, y también de relativa estabilidad social que favorecieron actividades productivas y comerciales, y con ellas un estímulo decisivo para el progreso social. La agricultura provocó una explosión demográfica, y aunque las comunidades asentadas resultasen vulnerables a las enfermedades infecciosas, el aumento de la población también trajo consigo una mayor diversidad genética. Con esa revolución empieza a incubarse el mundo artificial, que provocó una remodelación radical de la biosfera de nuestro planeta. Por todo ello, la técnica forma parte medular de la cultura humana.

296

El progreso de la agricultura configuró la lenta y paulatina evolución de la humanidad hasta que hace unos trescientos años se desencadenó la Revolución Industrial, que dio lugar a otra inflexión en el crecimiento de la población humana y en la organización social, en una nueva versión de lo ocurrido con la neolítica. Esta revolución recibió un fuerte impulso del fomento del conocimiento útil y de la razón práctica, y se basó en avances simultáneos en distintas ramas de la ingeniería, tales como la mecánica, la maquinaria textil, la metalurgia y otras actividades técnicas (incluida la misma agricultura), así como la concentración laboral en fábricas, que propició una nueva forma de organizar la producción industrial, fomentada por la disposición de energía en los puntos donde se necesitaba, gracias a la máquina de vapor. La gran masa de la población, que hasta entonces había laborado los campos en una agricultura de subsistencia, empezó a incorporarse al sistema productivo fabril, llevando una vida, en un principio, muy penosa, miserablemente hacinados en núcleos urbanos, alumbrando el proletariado, al tiempo que se asentaba en paralelo el capitalismo fabril. La Revolución Industrial instaló a la humanidad en la edad de las máquinas y provocó una inmensa mutación en todos los órdenes de la vida social. De hecho, la conjunción de la Revolución Industrial con la Ilustración instauraron las bases del mundo moderno.

En la actualidad vivimos otra época de progresos deslumbrantes de la técnica asociados ahora al procesamiento de la información, mediante las tecnologías digitales, con el que se llegan a emular incluso algunas actividades que consideramos propias de la mente humana, como jugar al ajedrez o al go. La capacidad de las máquinas para imitar labores mentales ha fomentado el espejismo de que llegarán a reproducir la inteligencia humana, lo que ha excitado la imaginación de algunos autores. Por lo demás, esas técnicas son capaces de llevar a cabo funciones de control de máquinas y procesos supliendo a los operadores humanos, de forma

complementaria a como, tras la Revolución Industrial, las máquinas mecánicas reemplazaron la potencia muscular, mediante el generalizado recurso a la energía a partir de la máquina de vapor.

Además, en nuestro tiempo se apuntan fabulosas posibilidades para las técnicas que intervienen en el mundo biológico (las biotecnologías), en las que también participan ingenieros (en especial, los que se ocupan del mundo orgánico). Ingeniería y medicina comparten rasgos comunes como actividades profesionales, pues en ambos casos se persigue, de forma dominante, una cierta forma de utilidad en las actuaciones correspondientes.

Mediante la técnica hemos erigido el mundo artificial que sustenta la parte material de la civilización. Al mismo tiempo, la técnica nos está permitiendo trascender los límites de nuestra naturaleza. Con su concurso nos vamos transformando nosotros mismos al adaptarnos al mundo que estamos construyendo. Lo anterior nos lleva a la médula de la técnica: el hombre actual lo es en la medida en que ha alterado el mundo natural en su propio beneficio. En este sentido hay que afirmar que para los humanos es consustancialmente natural explotar en nuestro provecho el inhóspito y agreste mundo de la naturaleza —aunque también nos maraville con su esplendorosa belleza, pero durante períodos limitados y protegidos oportunamente de sus inclemencias— con el fin de crear otro más confortable, acogedor y hospitalario: el artificial. Eso es precisamente lo que define el quehacer técnico al que cabe considerar, en consecuencia, la espina dorsal de nuestra civilización. Y así, con el concurso de la técnica los humanos nos hemos hecho tal como somos hoy.

297

Por ello no podemos prescindir de la técnica, pues sería actuar *contra natura*. Nuestro progreso nos ha llevado a la “desnaturalización” de nuestro entorno para subordinarlo a nuestros deseos y ambiciones. La técnica ha permitido mejorar profundamente nuestra vida, aunque con frecuencia haya llevado aparejados destrozos en los ecosistemas circundantes. En cualquier caso, depende del uso que hagamos de ella: es un medio, no un fin en sí misma. Por ello, la ingeniería está sometida de manera radical a las exigencias de una ética de la responsabilidad, consistente en responder de las consecuencias de las correspondientes actuaciones.

Así pues, nuestro modo de estar en el mundo es primordialmente el de usuarios de las cosas que lo pueblan, de las que disponemos utilizándolas para los fines que establecemos en función de nuestras necesidades y ambiciones. Para ello tratamos de intervenir en los fenómenos naturales para reconducirlos y conseguir el beneficio que seamos capaces de obtener de ellos. Al fin y al cabo esos fenómenos siempre están ahí a disposición de quien sepa sacarles provecho.

En nuestros días, nos encontramos en un punto en el que la cuestión estriba en cómo hacer que la transformación que la técnica está provocando en el mundo permita a nuestra especie mejorar sus posibilidades tanto de bienestar en lo inmediato, como de pervivencia a largo plazo. Asimismo en cómo ser más eficientes en el uso de las menguadas reservas de las que por el momento podemos disponer, habida cuenta del alarmante volumen alcanzado por la población humana, lo que ha magnificado muchos problemas cuya resolución se torna cada vez más difícil.

En la evolución de la técnica, desde sus orígenes remotos, se observa que en un principio sus productos eran normalmente el resultado de la actuación de un solo hombre, o de un pequeño grupo, que llevaba a cabo todo el proceso productivo; mientras que en la actualidad, los modernos artefactos comportan la intervención de un gran número de agentes de forma coordinada. En efecto, la evolución de la técnica está asociada a la capacidad de trabajar conjuntamente, de crear comunidades en cuyo seno se producen complejos fenómenos de relación por los que algunos de sus miembros se especializan en labores concretas, en las que pueden alcanzar un elevado nivel de destreza y habilidad. De este modo, el progreso de la técnica depende, de forma sustancial, de la sociabilidad y la cooperación, incluido el ubicuo mercadeo. Lo que sucede es que nuestra compleja sociedad está asentada sobre los intercambios de los bienes producidos, de los que somos, a la vez, productores y consumidores. De este modo todos trabajamos para todos y ese es el cemento con el que se consolida la vida social.

El trabajo conjunto, para ser fecundo, requiere imperiosamente la planificación, organización y dirección de la tarea correspondiente. En esa labor se adivinan algunos de los rasgos definitorios de la ingeniería, al tiempo que se plasma cómo ésta sobrepasa a la técnica ancestral y se distancia de ella. Conviene no olvidar que la capacidad de planificación a largo plazo, fruto de la correspondiente reflexión, es un rasgo distintivo de la especie humana. Ningún animal ha llegado tan lejos, por lo que sabemos, en esa previsión del futuro y en la organización de su vida con el concurso de esa facultad esencial para caracterizar al ser humano.

298

3. Los artefactos reconducen los fenómenos naturales

Lo que se entiende comúnmente por ciencia es un modo peculiar de saber acerca del mundo natural con el que, en principio, no se aspira más que a saciar la curiosidad — aunque también se habla de ciencia en otros dominios, que aquí no se considerarán. Por otra parte, los artefactos que conciben los ingenieros están formados, en último extremo, por componentes naturales, cuyo estudio pormenorizado suele formar parte de la misma ciencia. Acaso por eso, en nuestra época, en la que la ciencia ha alcanzado logros espectaculares, hay quienes proclaman que todo el conocimiento que se incorpora en un determinado artefacto deriva de la ciencia. Pero, por el contrario, hay que destacar que en los productos técnicos realmente geniales, las innovaciones que han determinado un cambio radical en el curso de la civilización moderna (la máquina de vapor, la aviación, la electrónica, la telegrafía sin hilos, el ordenador, por citar unas pocas) lo necesario para su concepción estaba mucho más allá de lo que podía suministrar el conocimiento científico disponible cuando se concibieron esos artefactos. Luego daremos ejemplos concretos de ello.

Es cierto que cuanto más se sepa sobre los fenómenos naturales involucrados en un artefacto tanto mejor, pero esos ingenios no son el resultado de la simple aplicación directa de los saberes científicos correspondientes. No cabe decir que el diseño de un artefacto se basa exclusivamente en esos conocimientos, y que éstos sean todo cuanto hay que saber para concebirlo y poder llevarlo a cabo. Más bien, lo que en realidad sucede es que se produce, en su caso, un aprovechamiento de

determinados conocimientos científicos por parte de la técnica, cuyos orígenes, no se olvide, se remontan a la más remota antigüedad, cuando aún no existía la ciencia, aunque se estaban produciendo admirables obras técnicas. En ese sentido de provecho eventual, aunque frecuente y muy apreciable, es como la ciencia ha contribuido a los grandes logros de la ingeniería a lo largo de la historia.

En realidad, a partir de la Revolución Científica, el conocimiento científico, si bien obtenido en general sin buscar deliberadamente su posible beneficio práctico, ocupa un lugar destacado entre lo que es aprovechable para el ingeniero para lograr los fines que persigue. Pero debe subrayarse que no es la disposición de determinados conocimientos lo que invita a hacer algo útil a partir de ellos, sino que lo que importa es más bien el ingenio de quienes son suficientemente imaginativos para obtener alguna ventaja de esos conocimientos, junto con otros de naturaleza no científica e intuiciones ingenieriles, mediante un audaz pluralismo de recursos. La imaginación y la creatividad derrochadas en un proyecto, es algo peculiar y distintivo de los ingenieros que resulta ajeno al canon científico habitual (Layton, 1976: 696). En ingeniería la imaginación es tan (o incluso más) importante que el conocimiento. Sin olvidar, asimismo, que en la concepción de los artefactos tiene una intervención decisiva la voluntad de llevarlos a cabo para resolver algún problema de orden práctico.

Hemos aprendido a sacar provecho del conocimiento del que disponemos. Sin embargo, el paso desde elaborar una teoría para explicar cómo funciona algo, a saber aprovechar ese mismo conocimiento para concebir artificios con los que obtener algún beneficio es abismal. Esa es la labor propia de los ingenieros, que se ocupan primordialmente de dotar de utilidad a lo que hacen al buscar soluciones a los problemas que se presentan en los distintos órdenes de la vida (desde sobrevivir hasta alcanzar la abundancia). Lo que identifica su labor es la fabricación de lo provechoso mediante actuaciones precisas y concretas. Por su parte, la ciencia ha tratado de investigar cómo está formado y cómo se comporta el mundo natural; mientras que la ingeniería trata de intervenir en ese mundo para modificarlo y reconvertirlo en otro, el artificial. Para esto se requieren grandes dosis de inventiva y de clarividencia con el fin de idear lo que aún no existe, pero que cuando se haga realidad se prevé que servirá para satisfacer determinadas necesidades y será objeto de apetencia para quienes puedan tener acceso a ello.

299

Vamos a recordar ahora algunos casos extraídos de la historia de la técnica y de la ingeniería con los que ilustrar la tesis que aquí se sostiene. Estos casos constituyen contraejemplos de suficiente entidad para invalidar la extendida pretensión de que lo que hacen los ingenieros son meros corolarios de la ciencia, lo que lleva incluso al extremo de afirmar que la ingeniería es simplemente una hija de la ciencia o también ciencia aplicada. Los casos que se exponen a continuación, junto con otros muchos que se podrían traer a colación, invalidan ese lugar común tan querido a muchos científicos. Importa resaltar que todos estos casos son troncales en la civilización moderna, y no simples anécdotas secundarias.

Los orígenes de la ingeniería, como ya se ha apuntado, se asocian al proyecto y ejecución de obras civiles —civilizadoras— (monumentos, vías de comunicación,

obras hidráulicas y presas, puentes, puertos, y semejantes) que son producto de una ardua labor comunitaria que requiere una planificación y coordinación compleja para su ejecución. En tiempos antiguos estas labores eran indisolubles de la arquitectura, como ilustran los libros *De arquitectura* de Vitrubio. Por otra parte, como es obvio, el insuficiente conocimiento científico del que entonces se disponía, más allá de la geometría, en ningún caso pudo ser de mucha ayuda a los que las llevaban a cabo, pese a la magnificencia de los logros que alcanzaron. Interesa resaltar cómo el imperio romano (la civilización romana) resulta inconcebible sin la ingeniería, mientras que la ciencia no parece haber jugado un papel relevante en él.

El empleo de relojes para la medida del tiempo —esa inasible y fluida magnitud— constituye un claro ejemplo de cómo la pretensión de disponer de algo útil se encuentra en el origen de un artefacto que en cada época se ha beneficiado de los más variados medios y conocimientos de los que se disponía en ella. En este caso, el problema práctico que se pretendía resolver era marcar hitos en el tiempo para organizar la vida de comunidades más o menos complejas —conviene recordar el papel precursor que tuvieron los monasterios medievales en la construcción de estas máquinas. Durante el Renacimiento los relojeros disfrutaron de gran predicamento pues en su labor se conjuntaban una fina artesanía mecánica con los más elaborados conocimientos astronómicos del momento. Para registrar el paso del tiempo se han aportado distintas soluciones, según lo que se sabía en cada época y de los recursos de los que se disponía: la sombra de un gnomón, la caída de la arena entre dos recipientes, o del agua en la clepsidra, el mecanismo de escape, el péndulo, los sistemas de engranajes y muelles, hasta llegar a componentes electrónicos... (Aracil, 2010). Pero, en todos los casos, se ilustra cómo la pretensión de resolver un problema práctico antecede a la disponibilidad de medios para solucionarlo. Éstos se buscan a partir del problema, y no al revés. Se comprueba así como el técnico recurre a todo lo disponible, sea de origen científico o no, para resolver el problema que tiene entre manos.

300

Aunque se admita, pongamos ahora por caso, que los físicos habían incorporado la electricidad a la ciencia a principios del siglo XIX (junto con algunos médicos, seducidos por los sorprendentes efectos de los fenómenos eléctricos en restos de animales muertos, y que inspiraron a Mary Shelley su célebre novela *Frankenstein*), pronto se desentendieron del vasto mundo de la generación y distribución de la electricidad, y de sus múltiples aplicaciones, en tanto que los mejor dotados de ellos se ocupaban preferentemente en especular sobre el enigmático éter y en buscar el grupo de transformaciones matemáticas que mantuviesen invariantes las ecuaciones de Maxwell en dos sistemas inerciales, lo que acabaría conduciendo a la revolucionaria formulación de la teoría de la relatividad restringida. De hecho, en la electrotecnia se parte de unos elementales conocimientos físicos, como son las leyes de Ohm o de Kirchhoff, pero que son incapaces por sí solas de resolver los complejos problemas con los que se enfrentan los ingenieros eléctricos.

Estos conocimientos básicos tuvieron que ser profundamente reelaborados, llegando a formulaciones como los teoremas de Thévenin y de Norton, enunciados por los dos ingenieros que les dieron nombre. Asimismo, procede recordar que Gustav Kirchhoff (1824-1887) después de enunciar sus leyes relativas a redes

eléctricas, basadas en la conservación de la energía, no volvió a ocuparse de estas cuestiones y se dedicó plenamente a la espectroscopia y al estudio de la emisión de radiación por el cuerpo negro, entre otros temas de física fundamental. Es un caso representativo de lo que ha sucedido tradicionalmente con muchos científicos, los cuales se desentendieron de las posibles aplicaciones que pudieran derivarse de los resultados que habían conseguido para proseguir su carrera interesándose exclusivamente por cuestiones de carácter básico. Por su parte, los teoremas de los mencionados ingenieros ya pertenecen plenamente a la electrotecnia y forman parte de lo que emplean habitualmente los ingenieros eléctricos en sus proyectos.

Como es bien sabido, la electricidad revolucionó la transmisión de la información y posteriormente la de la energía. La información se había transmitido a distancia, a lo largo de la historia, mediante procedimientos rudimentarios (señales de humo, tambores, señales luminosas mediante espejos, banderas entre barcos, semáforos ópticos, etc.), pero pronto se hizo patente el beneficio que se podía obtener de los fenómenos eléctricos para esa transmisión. Es decir, desde siempre se había tratado de resolver el problema de la transmisión de mensajes a distancia, al que se habían dado diferentes soluciones en distintas épocas según los recursos disponibles, hasta que alguien fue lo suficientemente perspicaz para comprender que la electricidad ofrecía enormes posibilidades para solucionar ese problema. Es lo que sucedió con Samuel Morse (1791-1872), quien el 24 de mayo de 1844 hizo la primera demostración pública de su telégrafo. No es que del descubrimiento de la electricidad se derivase, como aplicación directa, su empleo para la transmisión de información, sino que los que se ocupaban de esa transmisión fueron capaces de imaginar los provechos que se podían extraer de los fenómenos eléctricos para resolver los problemas en cuya solución ya estaban ocupados, habiendo empleado hasta entonces medios más toscos y menos eficaces.

301

En particular, para el problema de la transmisión de información se estaban empleando, desde finales del siglo XVIII, los denominados telégrafos o semáforos ópticos, formados por una serie de torretas que se avistaban en secuencia, en las que se instalaban brazos articulados visibles a distancia, con cuyas posiciones se codificaba la información, de modo que cada torreta repetía el mensaje que recibía a la siguiente y así se conseguía comunicarlo a grandes distancias (Madrid-Cádiz, por ejemplo). Es notable que los operarios de esos telégrafos ópticos se convirtieron en los telegrafistas eléctricos.

El caso de Heinrich Hertz (1857-1894) y Guglielmo Marconi (1874-1937) también resulta expresivo de lo que se está afirmando. Es cierto que Hertz construyó un oscilador que emitía ondas electromagnéticas, con un alcance relativamente pequeño (las dimensiones de un laboratorio) y un receptor que las captaba. Su gran logro fue demostrar que esas ondas se propagaban con una velocidad finita. Del sistema formado por el emisor y el receptor, Hertz manifestó expresamente que no creía que se pudiera extraer algún beneficio práctico, más allá de los influyentes experimentos que él había llevado a cabo en su laboratorio, con los que demostró de forma definitiva que la velocidad de la luz era finita —uno de los grandes logros experimentales de la física del XIX, y que se encuentra en los orígenes de la teoría de la relatividad.

Por otra parte, Marconi, posteriormente, reelaboró ese oscilador para conseguir emisiones de ondas de gran alcance que permitiesen enviar mensajes inalámbricos a enormes distancias, para lo cual tuvo que rediseñarlo, poniéndolo a tierra y añadiendo una antena y un cohesionador, entre otras cosas (al nombre del italiano habría que añadir el de otros muchos, pero aquí eso es irrelevante). Lo que hizo Marconi no estaba implícito en lo que había hecho Hertz, aunque esto último es indudable que le sirvió de inspiración y apoyo. También hay que añadir que Marconi no permitió que ningún conocimiento teórico se interpusiese en los resultados experimentales y utilitarios en los que estaba empeñado.

El haber sido capaz de sacar provecho a un aparato de laboratorio de alcance limitado, y conseguir reconvertirlo en un dispositivo de funcionamiento eficiente, que acabaría convirtiéndose en un invento definitorio de nuestra época, pone de manifiesto, de nuevo, la originalidad de la labor del ingeniero. Ninguno de ellos concibe un nuevo artefacto a partir de cero, haciendo tabla rasa de todo lo que se había hecho previamente —de forma análoga a como sucede con los científicos cuando elaboran sus teorías. Siempre lo hace encaramado sobre el cúmulo de conocimientos que constituyen el patrimonio de la ingeniería —y de la humanidad, en general—, del cual indiscutiblemente forma parte la ciencia. Desde los orígenes de la civilización se produce un proceso acumulativo por el que cada novedad se basa en algo preexistente. ¿En cuántos contextos se emplea el teorema de Pitágoras sin hacer mención expresa de él y sin decir a cada paso que tenemos tal cosa gracias a ese teorema?

302

Algo semejante se puede decir de las aplicaciones de la electricidad a la generación y transmisión de energía. La utilización de los recursos energéticos necesarios para las grandes obras de la antigüedad todavía nos causa asombro. Piénsese, por ejemplo, en los recursos empleados para la construcción de las pirámides de las antiguas civilizaciones. Desde siempre se había empleado la llamada “fuerza de sangre” para esas ingentes labores, con la oportuna ayuda de máquinas elementales (palancas, cabrestantes, rodillos), hasta la aparición de la máquina de vapor. Sin embargo, esta última, a pesar de revolucionar los procesos fabriles, tenía también un alcance limitado. Con la aparición de la electricidad se da otro paso gigantesco en este orden de cosas. Como en el caso de la información, pronto los ingenieros fueron lo suficientemente sagaces para aprovechar ese fenómeno natural con el fin de resolver los problemas de generación (en realidad transformación) y transmisión de energía, y de su posterior conversión en energía mecánica (los motores eléctricos), entre otras muchas aplicaciones, hasta hacer de la electricidad un componente nuclear de nuestra civilización. Aquí brilla con una luz especial el ingeniero croata Nikola Tesla (1856-1943), a cuya obra hay que acercarse si se quiere ponderar lo específico de la ingeniería, aunque es frecuente que los científicos lo consideren uno de los suyos, a lo que ha contribuido cierta literatura popular.

Los orígenes de la aviación constituyen uno de los casos más diáfanos de la autonomía y singularidad de la ingeniería, que supera todo lo que se acaba de exponer. En efecto, los primeros aviones volaron sin un conocimiento de la aerodinámica del vuelo. Los conocimientos de la ciencia física entonces disponibles

no eran capaces de explicar cómo se movía un sólido en el seno de un fluido y, en absoluto, podían, ni aun remotamente, contribuir a concebir un avión —un objeto más pesado que el aire, capaz de volar de forma controlada. Una vez los hermanos Wright hubieron conseguido que el *Flyer* volase, el ingeniero Ludwig Prandtl (1875-1953) propuso una teoría *ad hoc*, la de la capa límite, para abordar esos problemas. No obstante, esta teoría no se aplicó al diseño de aviones hasta muchos años después de que volasen los primeros de ellos, cuando se asentó la aerodinámica. La aviación se desencadenó sin disponer de un conocimiento científico preestablecido del que echar mano, ni siquiera un saber que reelaborar, como no fuera el relativo a los planeadores, cuyos fundamentos físicos, al gusto de un científico moderno, se desconocían por completo.

El caso de los orígenes de la aviación permite también ilustrar la imposibilidad de establecer una neta cortadura entre la técnica pre-científica de la antigüedad y la moderna, supuestamente ya basada en (aunque más bien alimentada por) la ciencia. La distinción entre estos dos modos de la técnica resulta esencial para el argumento que defienden los que afirman que la ciencia ha singularizado a la técnica moderna con caracteres radicalmente diferentes a los de la pre-científica. Sin embargo, como se acaba de recordar en el párrafo anterior, el *Flyer* de los Wright y otros vuelos precursores, volaron, durante muchos años, sin ningún recurso a la ciencia física existente cuando tuvieron lugar esos vuelos. Es decir, se llevaron a cabo con técnica pre-científica. Sin embargo, en el caso de los modernos tetrareactores transoceánicos, los Airbus A380 por ejemplo, ya nadie negará que forman parte destacada de la técnica moderna, con la ciencia incorporada. Pero, siguiendo esa línea de argumentación cabe preguntarse cuándo se produce la pretendida discontinuidad, o incluso si existe, entre las dos formas de técnica, la pre-científica y la post-científica (la presunta tecnología), a lo largo de la historia de la aviación. Vemos así como esa supuesta discontinuidad se estrella contra la roca de los hechos.

303

Puede que alguien afirme que el caso de los orígenes de la aviación es la excepción a lo que pretenden que sea la norma general de las raíces en la ciencia de la ingeniería moderna. Sin embargo, en la actualidad se repite el mismo fenómeno en campos tan variados y de tanta actualidad como la robótica, la inteligencia artificial, el control automático y tantos otros. En estos dominios se están produciendo enormes progresos sin contar con un conocimiento científico de base que los oriente. Son, más bien, los logros prácticos parciales alcanzados los que promueven los adelantos y las invenciones en esas áreas capitales de la ingeniería actual, la cual se desenvuelve de forma autónoma e impredecible. En todos estos casos, como sucedía con los hermanos Wright, el conocimiento desplegado para la concepción y ejecución de los correspondientes ingenios no es el resultado de la aplicación de la ciencia vigente cuando se están llevando a cabo. Acaso la excepción a la que se aludía al principio de este párrafo haya que buscarla justamente en sentido contrario.

Al mismo grupo de “excepciones” pertenece la informática en la que se repiten las mismas pautas de autonomía en su gestación. Esa disciplina nace para disponer de un cuerpo de conocimiento técnico que facilitase el diseño de las máquinas de cálculo electrónico y que contribuyese, además, a sacar el máximo partido de ellas. Los

conocimientos correspondientes se adquirieron de forma progresiva, sobre la marcha, por los que las construyeron y empezaron a usarlas, sin mediar un cuerpo teórico de base a partir del cual se derivasen.

Pero sucede que para obtener respetabilidad en el mundo académico toda nueva disciplina, especialmente si tiene un marcado carácter práctico, necesita exhibir el nombre de un reputado científico al que atribuir la gestación de ese dominio. En el caso de las máquinas computadoras electrónicas, que están en el origen de la informática, es lo que sucedió con Alan Turing (1912-1954), a quien se invoca con frecuencia, especialmente entre matemáticos, como el precursor de esas máquinas —es el mito fundacional de esa disciplina, la celebrada raíz de su identidad. Sin embargo, esa atribución no se ajusta a los hechos. La historia de las máquinas computadoras (ordenadores) se puede desarrollar, desde sus orígenes, sin recurrir a Turing, cuya aportación seminal fue a la teoría de la computación, pero no a esas máquinas en cuya gestación no tuvo especial influencia el celebrado matemático — véase, por ejemplo, (Haigh, 2014) cuyo título ya es toda una declaración al respecto. Son otros nombres los que jalonan esos orígenes, como por ejemplo John Atanasoff, Konrad Zuse (quien construyó las máquinas Z, computadoras pioneras con relés, pocos años antes de la Segunda Guerra Mundial, aunque tuvo la desgracia de ser alemán en aquellos momentos), John Presper Eckert, John Mauchly, Howard Aiken, entre otros.

304

Se pueden trazar diferentes líneas de evolución hasta llegar a la moderna computadora electrónica. Por mencionar una, se tiene la que parte de las calculadoras empleadas por los marinos militares, desde la Gran Guerra, para calcular la trayectoria de los barcos enemigos y prever dónde se encontrarían cuando les alcanzase el proyectil con el que abatirlos —inspiradas, a su vez, en la empleada para la predicción de mareas, el *Tidal Harmonic Analyser*, ideado por James Thomson, a finales del siglo XIX, quien años después contó con la colaboración de su hermano William Thomson (Lord Kelvin). Estas calculadoras eran mecánicas, pero permitían la integración de ecuaciones diferenciales lineales, como las que representan la trayectoria de un móvil —el barco rival. Eran máquinas analógicas, en las que las magnitudes se representaban mediante posiciones. El meollo de esas máquinas estaba en disponer de un integrador analógico mecánico, lo que se conseguía con un ingenioso dispositivo (el integrador de disco y rueda).

Vannevar Bush (1890-1974), un prestigioso ingeniero eléctrico del MIT, se dio cuenta de que la aplicación de las matemáticas a la ingeniería requería que se dispusiese de herramientas de cálculo adecuadas (hasta la generalización de las calculadoras electrónicas, los ingenieros empleaban con profusión la regla de cálculo y las tablas de logaritmos para sus operaciones matemáticas). Para ello Bush se aprovechó de los fundamentos y de la tecnología mecánica de las calculadoras que habían desarrollado los artilleros marinos y los generalizó en su Analizador Diferencial, que alcanzó un amplio reconocimiento incluso en el mundo científico. Más tarde, de la tecnología mecánica se pasó a la electrónica con la ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), diseñada por John Presper Eckert (1919-1995) y John William Mauchly (1907-1980) en la Moore School of Engineering de la Universidad de Pensilvania, y construida desde 1943 a 1946, a la que se considera

la primera computadora electrónica (repárese en la C final). En realidad, esta máquina hacía algo análogo al Analizador Diferencial, pero de forma mucho más eficiente y rápida gracias a la tecnología electrónica —aunque con un enorme dispendio de energía, pues la máquina estaba formada por unas 18.000 válvulas electrónicas. A partir de ella ya sólo es una cuestión de pasos sucesivos el llegar a las modernas computadoras, tanto los PC como las supercomputadoras.

A la polémica sobre los orígenes de la informática aún se le sigue echando leña. Los informáticos de formación en ingeniería toman partido por Eckert y Mauchly, y otorgan anualmente el ACM-IEEE Eckert-Mauchly Award; mientras que los que se han educado originalmente en ciencias, especialmente en matemáticas, tienden a hacerlo por Turing, y conceden el ACM Turing Award.

Una muestra de cómo es posible que se extraigan beneficios de conocimientos en principio carentes de utilidad, se tiene con la criptografía, también relacionada con la ingeniería informática. Pocas cosas aparentemente son tan poco útiles como el estudio de los números primos, y sin embargo han adquirido enorme valor para los problemas de criptografía, que se resolvían tradicionalmente de una forma u otra, desde la más remota antigüedad, con grandes dosis de ingenio, hasta que alguien fue capaz de imaginar cómo emplear las exóticas propiedades de los números primos para encriptar la información. De este modo, se explotó una idea que no se deriva de la propia teoría de los números primos, sino que es el resultado de la clarividencia de quien fue capaz de intuir el provecho que se podía extraer de las mágicas propiedades de estos números para proteger la encriptación de mensajes.

305

En los casos que se acaban de recordar se ha aludido principalmente a ramas de la ingeniería basadas en la mecánica y la electricidad, en sus distintos campos de aplicación. No se han traído casos de la ingeniería química ni de la agronómica, entre otras variantes modernas de la ingeniería. Pero la tesis que aquí se sustenta puede extenderse también a estas manifestaciones del quehacer humano, aunque con los debidos retoques y adaptaciones (Aracil, 2017). En todo caso, lo que aquí se pretende es cuestionar tanto la cacareada paternidad universal de la ciencia con respecto a la ingeniería, como la supuesta confluencia entre ciencia y técnica, y los contundentes contraejemplos que se han presentado deberían ser más que suficientes para ello. Al fin y al cabo, entre científicos un solo contraejemplo tendría que ser suficiente para invalidar una hipótesis. Aunque, también es cierto que en ocasiones se saltan esta regla. Por ejemplo, la teoría de la gravitación de Newton se aceptó durante casi dos siglos, pese a no dar razón de la precesión del perihelio de Mercurio.

Por otra parte, hay que añadir que en nuestros días se está produciendo un intento de adopción por parte de científicos de las metas que han sido las habituales de los ingenieros, cuando aquellos aceptan tener entre sus objetivos, de forma expresa y preferente, la utilidad de sus investigaciones. Este fenómeno ha sido estudiado por Paul Forman (1937-), un físico reconvertido en historiador de la ciencia, quien lo ha asociado a un cambio cultural profundo que se está produciendo en nuestro tiempo y que, según él, se relaciona con el posmodernismo (Forman, 2007). Esta cuestión excede los límites de este artículo.

Dicho lo anterior, hay que añadir que los ingenieros poseen un conocimiento específico relativo a cómo funcionan los objetos artificiales que producen, con el que se forma el cuerpo disciplinario básico asociado a las diferentes ramas de la ingeniería, que adopta una estructura semejante a la de las mismas disciplinas científicas. Los ingenieros es indudable que aspiran también a saber cómo funcionan los artefactos que construyen, pero este conocimiento no es un fin en sí (como lo es para los científicos el saber cómo se comporta el mundo natural), sino que con él pretenden, de forma prioritaria, conseguir una mayor eficiencia de los productos que fabrican. Para este conocimiento específico se emplea a veces la paradójica denominación de “ciencias de la ingeniería” (Kline, 2000), si bien tradicionalmente se habían denominado tecnologías (tecnología mecánica, tecnología química; la tecnología siempre adjetivada sea explícita o implícitamente, como se viene señalando a lo largo de este artículo). El empeño de hablar de ciencia en todas partes “produce monstruos”, como el sueño de la razón producía a Goya. Ciencia es, al fin y al cabo, saber sobre algo, aunque el término haya sido monopolizado por los herederos de los filósofos naturales, enarbolando el emblema de la razón, que han desarrollado un riguroso y pulcro método, dotado de una impecable racionalidad, para refrendar sus conquistas cognoscitivas sobre los fenómenos naturales. Los ingenieros, y otros profesionales como los médicos, han aprendido a aplicar también ese método, basado en conjeturas y ensayos sucesivos, a sus problemas específicos, consiguiendo con ello importantes éxitos, aunque sin desviarse de sus propias metas utilitarias. También debe observarse que una cosa es someter una hipótesis de trabajo a la contrastación empírica con el rigor que ha sido la divisa del método científico; y otra pretender que esa hipótesis se derive del conocimiento científico aceptado.

306

Por ello, el ingeniero no solo usa la ciencia convencional, sino que la amplía, la complementa y la modifica según sus propios objetivos, por lo que está también comprometido en la investigación de nuevo conocimiento, aunque sea restringido a la clase de problemas concretos con los que se enfrenta en el ámbito de su especialidad, y renuncie a la pretensión de universalidad de la que tan orgullosos se sienten los científicos —por eso sucede a veces que éstos se sienten legitimados para mirar por encima del hombro a los ingenieros. Pero el ingeniero no será juzgado por conseguir nuevo conocimiento, ni por la calidad del que haya empleado, sino por la bondad y eficiencia de los productos que sepa llevar a cabo con el que tenga a su disposición incluido, como es obvio, el que él mismo formule.

4. La ciencia nutre a la ingeniería, pero...

En realidad, la ciencia básica no ha tenido un interés directo y prioritario por su uso aplicado. Más bien, muchos científicos alardean de que sea inútil, en el sentido concreto de que la utilidad no sea la finalidad primordial que persiguen en su investigación —aunque se aventuren a pronosticar que los beneficios de esos saberes se darán sin ninguna duda en un futuro (si bien indeterminado). Se ha dicho tradicionalmente que los científicos no buscan el provecho práctico, sino el conocimiento fundamental —la verdad, según muchos de ellos.

Pero no debe olvidarse que, en realidad, ha sido la exploración en busca de lo útil lo que ha desencadenado el proceso por el que se acabó generando el conocimiento científico y no al revés. No obstante, aunque tenemos afección por las cosas útiles, la ciencia ha adquirido una dimensión que trasciende, en el mundo del pensamiento, a lo utilitario. De ahí la excelencia que se asocia al conocimiento científico en los medios intelectuales —la sombra de Platón es alargada. Y así, en esos ámbitos se sobrevalora la ciencia en detrimento de la ingeniería, por lo que ésta se ve obligada a tener que reafirmar su propia personalidad y autonomía. En este orden de cosas, algunos científicos incluso proclaman que la utilidad se desprendería de forma espontánea, como fruta madura, del árbol del saber.

La ciencia mana del noble e insaciable afán de los científicos por ampliar las fronteras del conocimiento, y alcanza su máxima grandeza cuando desentraña algún secreto natural por primera vez. El que de sus aportaciones se desprenda algún provecho ya no depende tanto de ellos, como de quien sepa encontrarlo. Es claro que si no se dispone de conocimiento, éste no se podrá utilizar, pero también lo es que sin la imaginación para sacarle beneficio ese conocimiento permanecerá inútil (para el ingeniero las cuestiones de prioridad quedan relegadas a las patentes cuya incidencia es más económica que de otra naturaleza).

El ingeniero recurre al conocimiento científico, aunque aparentemente no tenga utilidad, si dispone del ingenio oportuno y consigue hacerlo útil para aquello que está concibiendo (Aracil, 2018). Lo que no quiere decir que su labor sea una mera aplicación de ese conocimiento. Al contrario, es su sagacidad y su astucia la que le permiten beneficiarse de él (Vega, 2000). Es evidente que las cosas en apariencia superfluas que hacen los científicos quedan a disposición de los ingenieros —y de todo el mundo—, quienes pueden que sean capaces de extraerles provecho para solucionar problemas concretos y bien definidos. En el apartado anterior se han recordado algunos casos notables que apoyan esta afirmación. Se ha visto allí cómo el conocimiento supuestamente inútil a primera vista que obtiene el científico, puede resultar precioso para aquel que sepa servirse de él para fines prácticos.

Así pues, aunque el ingeniero recurra a la ciencia, y emplee con frecuencia los mismos conceptos y análogas formulaciones matemáticas que el científico, ello no implica que haya una confluencia tanto de metas, como de métodos, entre las de aquél y las de éste. En nuestros días, el uso de la ciencia está extendido a múltiples profesiones, todas aquellas en las que, de una forma u otra, se trata con fenómenos que hayan sido investigados por ella. Pero este empleo se produce sin que resulten desvirtuados los objetivos propios de cada una de esas profesiones. Piénsese, por ejemplo, en la policía que utiliza la ciencia (la policía científica), pero subordinada a las metas específicas que los agentes tienen en la sociedad, como es el recabar pruebas ante una actividad delictiva, de modo que se mantienen inalterables y prioritarios los fines propios de la policía.

En un proyecto de ingeniería están involucrados tanto aspectos físicos como económicos. El ingeniero empleará tanto la abstracción matemática como el sentido común y la intuición. En su labor están presentes una enorme cantidad de factores.

Por su parte, el científico se concentra en un único aspecto de la realidad que estudia; esta concentración resulta de enorme fecundidad cuando se alcanza esa sublime, inquietante y misteriosa conjunción de simplicidad, generalidad e incluso belleza, en la explicación de algún fenómeno, que está en la raíz de la fascinación que produce la ciencia. El ingeniero, por el contrario, no puede prescindir de la realidad en toda su complejidad. Por ello los ingenieros tienden a adoptar una perspectiva integradora ante los problemas que tienen que resolver, teniendo en cuenta los múltiples factores que intervienen en ellos, para llegar a una síntesis que satisfaga los designios que han presidido su actuación. En ésta resulta inherente una cierta forma de pluralismo, pues un artefacto debe funcionar correctamente en un variado abanico de circunstancias, por lo que no se puede desatender ningún detalle. Por su parte, los científicos son fundamentalmente analíticos, tratan de aislar el fenómeno que escrutan con sus potentes y elaborados recursos metodológicos para esclarecer todos los recovecos de su comportamiento. Asimismo, los ingenieros trabajan a corto plazo, ya que en su labor el tiempo de ejecución de sus proyectos juega un papel primordial; mientras que los científicos llevan a cabo su labor con un horizonte abierto, a largo plazo, sin más presión que la de ser los primeros en alcanzar un determinado resultado.

De igual forma es cierto que algunos científicos pretenden buscar ellos mismos el provecho que se puede obtener del conocimiento que han generado. Al hacerlo, es frecuente que preconicen una pretendida simultaneidad entre la satisfacción de la curiosidad y la consecución de la utilidad en el inmenso e impreciso campo de las aplicaciones, alegando asimismo que ambas pueden encontrarse al mismo tiempo — la quimérica “ciencia y tecnología” formando una entidad. Con lo cual, a partir de los mismos saberes se satisfaría la curiosidad y, al mismo tiempo se conseguiría algo útil. A los que así piensan hay que recordarles el proverbio latino *Lepores duos insequens neutrum capit*, “el que persigue dos liebres no coge ninguna”.⁴ También hay quienes buscan llevar a cabo sucesivamente, en momentos distintos, la exploración desinteresada y la satisfacción de una necesidad concreta, pero aun en ese caso nunca se podrán alcanzar las dos al mismo tiempo, sino de forma sucesiva, y en consecuencia tendrán que amoldar sus métodos a los respectivos y diferenciados objetivos correspondientes a cada una de las dos etapas.

Por otra parte, sucede que muchos científicos trabajan como ingenieros, y viceversa. El trasvase entre ambos grupos profesionales no suele tener dificultades debido a la común formación básica que poseen. Sin embargo, cuando se ejerce una u otra profesión sus actuaciones deben ajustarse a las correspondientes normas para ejercerlas.

Es indudable la crucial influencia que adquiere la ciencia en la formación de los ingenieros. Para éstos, la ciencia tiene un gran valor educativo, ya que el estudiante de ingeniería adquiere adiestramiento en el empleo de formas de rigor con las que desarrollar una disciplina mental que le será posteriormente muy útil al tratar los problemas propios de su profesión. La positiva influencia de la ciencia, tanto en la

4. Enrique Cerda Olmedo me sugirió emplear este proverbio en el contexto que aquí se hace.

formación de los ingenieros como en la sólida cimentación de la ingeniería, es algo que debe estar más allá de toda duda. Pero de ello no se desprende que la ingeniería tenga que estar subordinada a la ciencia.

En efecto, sucede que la influencia de la ciencia en la ingeniería ha distorsionado en ciertos medios el carácter específico y autónomo de esta profesión milenaria. Esto se produce especialmente a partir de la Revolución Francesa y se ha reelaborado con notable tenacidad tras la Segunda Guerra Mundial con el llamado modelo lineal, que se atribuye a uno de los ingenieros más poderosos que haya tenido el siglo XX: el norteamericano Vannevar Bush, quien ya ha aparecido en estas páginas. Ese modelo se resume en una fórmula simple: primero hay que hacer ciencia para luego poder hacer ingeniería. Alcanzó cierta implantación después de esa guerra, aunque ahora ya se considera periclitado, si bien algunos medios se obstinan en mantenerlo. Según ese modelo, en el origen de todo producto de la ingeniería moderna estaría una idea básica en la cabeza de un científico. Después, en las siguientes etapas del proceso, se llevarían a cabo secuencialmente una serie de operaciones denominadas innovación, desarrollo, producción y comercialización, que transformarían la idea original del científico en productos para el mercado. No obstante, Bush tenía una concepción mucho más amplia y matizada de lo que era la investigación, que incluía la que se realizaba de forma independiente y autónoma tanto en ciencia como en medicina, armamento o ingeniería. Muchos partidarios del modelo lineal olvidan o ignoran que, el mismo Bush, en sus memorias y en otros de sus escritos, puso en tela de juicio las interpretaciones superficiales que se estaban propagando sobre el modelo lineal cuando afirmó que la ingeniería es más un “socio igualitario que un hijo de la ciencia” (Love y Childers, 1975: 10).

309

Otra cuestión que viene a cuento es que un rasgo característico de nuestra época es la defensa de la diversidad en dominios tales como el biológico y el cultural. Sin embargo, por lo que respecta a la ingeniería, parece promoverse un movimiento de signo opuesto por el cual ésta quedaría diluida en un *totum revolutum* en el indefinido campo de la “ciencia y tecnología” (o de la tecnociencia). Con esa dilución se amenaza con desdibujar las características distintivas de cada una de ellas, las cuales poseen sus propias especificidades, sus normas particulares, como se ha repetido en páginas anteriores. Es posible que algún lector piense que no debería confrontarse la ciencia con la ingeniería. Ambas hacen un uso prioritario de la razón de acuerdo con las más estrictas normas emanadas de la Ilustración, aunque cada una de ellas persigue objetivos dispares. Sin embargo, es evidente que no es lo mismo ser un buen ingeniero que un buen científico. No se exige ni espera lo mismo de los unos que de los otros. Ingenieros y científicos están sometidos a distintos criterios de aceptación social en cuanto profesionales. De este modo, lo técnico y lo científico se desenvuelven en esferas diferentes y es imperioso que se mantenga esa diferencia recíproca, como se viene argumentando en este artículo.

En consecuencia con todo lo anterior, la relación entre la ciencia y la ingeniería es más compleja y sutil de lo que pudiera parecer a primera vista. Aunque, en general, la ciencia sea necesaria para la ingeniería, sucede que nunca es suficiente para llevar a cabo esta. La enorme brecha entre la necesidad y la suficiencia la tiene que rellenar

el arte del ingeniero. No hay que olvidar que en toda realización técnica superior es siempre el ingeniero el que pone la clave en el arco al producto final.

Las implicaciones de lo expuesto en páginas anteriores para políticas de desarrollo económico no deberían pasar inadvertidas para nadie. ¡Ay, la castiza *i* en $I+D+i$, que tanto agrada a los científicos! ¡En minúscula y en último lugar, además, para que las cosas queden claras! La innovación a remolque de la ciencia, siendo como es una manifestación creativa y original del ingenio humano y no algo contenido *a priori* en el conocimiento científico, que todo lo más habría que desentrañar. De esto ya se ha hablado en apartados anteriores y lo podemos extendernos ahora en ello.

En el mundo artificial en el que vivimos resulta imperiosa la necesidad de una reflexión sobre el método, peculiaridades y naturaleza de la ingeniería, que ha contribuido decisivamente a erigirlo. Por ello, si queremos conservarlo y ampliarlo, no tenemos más remedio que cultivar, mantener y fomentar el espíritu primordialmente innovador, imaginativo y creador que ha propiciado los grandes logros de la técnica, y con ella de la ingeniería. Si quiere evitar el peligro de quedar diluida, esta necesita defender su autonomía, desligándose de toda tutela. Asimismo, resulta forzoso preservar y estimular los particulares modos de obrar asociados con ella, si bien sustentados por todo lo que la cultura humana ha acumulado a lo largo de la historia —incluido, claro está y de forma destacada, el saber científico convencional. Para, de este modo, hacer posible que la ingeniería moderna siga contribuyendo a crear el mundo artificial —humano, radicalmente humano— buscando formas de utilidad con sus imaginativos artefactos.

310

Bibliografía

ARACIL, J. (2010): *Fundamentos, método e historia de la ingeniería*, Madrid, Síntesis.

ARACIL, J. (2017): *Ingeniería: la forja del mundo artificial*, Madrid, Real Academia de Ingeniería. <http://www.esi2.us.es/~aracil/Muestra.pdf>.

ARACIL, J. (2018): “Making it useful, even when it seems to be useless”, *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 37, nº 3, pp. 22-26.

BIGELOW, J. (1831): *Elements of Technology*, Boston, Hilliard Gray, Little and Wilkins.

CARO BAROJA, J. (1983): *Tecnología popular española*, Madrid, Editora Nacional.

FORMAN, P. (2007): “The primacy of science in modernity, of technology in postmodernity, and of ideology in the history of technology”, *History and Technology*, vol. 23, nº 1, pp. 1-152.

HAIGH, T. (2014): "Historical Reflections. Actually, Turing Did Not Invent the Computer. Separating the origins of computer science and technology", *Communications of the ACM*, vol. 57, n° 1, pp. 36-41.

KLINE, R. (2000): "The paradox of 'engineering science'", *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 9, n° 3, pp. 19-25.

LAYTON, E. T. (1976): "American ideologies of science and engineering", *Technology and Culture*, vol. 17, pp. 688-701.

LOVE, A. y CHILDERS, J. (1965): *Listen to Leaders in Engineering*, Nueva York, David McKay Company.

QUINTANILLA, M. Á. (2005): *Tecnología: un enfoque filosófico*, México DF, Fondo de Cultura Económica.

VEGA, J. (2000): "La astucia de la razón en la técnica", *Arbor*, vol. 167, n° 657, pp. 187-205.

Cómo citar este artículo

ARACIL, J. (2019): "El latente debate sobre la ingeniería y la ciencia", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 287-311.

FORO *CS*

Estamos atravesando tiempos de intensos cambios en la sociedad. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) irrumpen con “dispositivos que alteran por entero el panorama, dando lugar a nuevos ecosistemas que pueden conservar o no, en mayor o menor medida, las viejas herramientas” (Fernández Enguita y Vázquez Cupeiro, 2016: 5). Todo está globalizado, comunicado, interconectado. Internet se cuela en la vida, en el aula. La transición al nuevo entorno digital no es fácil. Hay resistencia de los actores involucrados: alumnos y docentes buscan aliados para enfrentar entornos turbulentos y los encuentran en las redes sociales, que poco a poco se convierten en armas potentes para encarar la batalla. Las redes no sólo nos informan; además nos comunican con tal rapidez que nos permiten estar actualizados y conectados permanentemente. En palabras de Manuel Castells (2006), “la sociedad red es la nueva forma de organización social surgida en la era de la información”.

315

En particular, las redes de docentes son excelentes espacios de trabajo para compartir experiencias y emprender proyectos colaborativos. Ellas nos brindan la oportunidad de realizar cursos, talleres y seminarios que se imparten íntegramente en la modalidad virtual, por lo que todo el material necesario para su estudio está disponible a través de internet, incluida cualquier herramienta complementaria que se pudiera llegar a necesitar. Para aprovechar al máximo sus múltiples ventajas, es importante tener presente cómo trabajar a distancia: los tiempos, la disponibilidad, las relaciones entre los participantes, la responsabilidad de cada uno, los diferentes perfiles de los colegas con los que se trabaja, el respeto por las apreciaciones de los integrantes de la comunidad, la colaboración y el apoyo. Como sucede con todo lo nuevo, esto trae aparejadas sensaciones encontradas, sorpresa, ansiedad, incertidumbre, miedo, rechazo, y puede ser utilizado en pos de algo peor o mejor.

* La autora de este artículo de foro agradece a Juan Carlos Toscano por su atención y valiosas contribuciones, así como también a Mariano Martín Gordillo, Óscar Macías, Joaquín Asenjo, Agustín Carrillo, José Francisco Quesada, Carlos Osorio y José Antonio López Cerezo.

** ISFD y TN°24, IS Familia, INSP Socorro, Instituto GeoGebra de La Plata (IGLP), IMApEC, Argentina. IBERCIENCIA, Comunidad de Educadores para la Cultura Científica. Correo Electrónico: karinarizzo71@gmail.com.

Como docentes inmersos en la sociedad actual, debemos abogar por la implementación de las redes sociales para construir verdaderas comunidades de aprendizaje. Apostar por las redes docentes que permiten, a través de sus mecanismos de divulgación, acercar la ciencia al aula y posibilitar no sólo el crecimiento de sus alumnos, sino el propio, tanto en lo personal como profesional. El compartir preguntas, dudas, reflexiones y llevar adelante enlaces con otros colegas nos permite reconocer distintas miradas y enriquecernos con los aportes y experiencias del otro.

Contemplando lo antedicho, quiero destacar mi propia vivencia. Hace poco más de cuatro años formo parte de muchas de las comunidades virtuales para docentes que posee la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI):²

- Club Scratch IBERCIENCIA-IBERTIC
- Club Iberoamericano GeoGebra IBERCIENCIA
- IBERDIVULGA - Red Iberoamericana de Comunicación y Divulgación de Información Científica
- IBERCIENCIA - Comunidad de Educadores por la Cultura Científica

Cuando se ingresa al espacio de publicación web de cualquiera de las comunidades citadas, se abre un abanico de posibilidades de crecimiento que contempla varios aspectos, desde el personal hasta el profesional. Tan sólo con ingresar la contraseña en la plataforma, se puede acceder a los materiales, participar en los foros e incluso entregar trabajos propuestos a modo de evidencias de seguimiento. Sin ir más lejos, allí pude saber de múltiples revistas,³ olimpiadas,⁴ cursos,⁵ talleres, jornadas,⁶ seminarios y congresos presenciales y virtuales que se notificaron a través de los distintos foros, grupos y subgrupos que llegan a mi correo diariamente.

Desde el instante que me incorporé a la comunidad, se me hizo copartícipe de todo lo que estaba sucediendo en Iberoamérica y de situaciones que hasta el momento desconocía. Advertí que uno de esos congresos que tanto se mencionaban —el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación— se realizaría en mi país, Argentina. A partir de enero de 2014 comencé a participar en

2. Más información en: <http://edu.jalisco.gob.mx/dgen/comunidades-virtuales-para-docentes>.

3. Por ejemplo:

a) <http://www.oei.es/historico/oim/revistaoim/numero51.htm>.

b) <http://www.oei.es/oim/revistaoim/numero54.htm>.

c) <http://asenmacformacion.com/ojs/index.php/union/issue/view/48>.

4. Más información en: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?XXX-Olimpiada-Iberoamericana-de>.

5. Por ejemplo:

a) <https://miletto.cica.es>.

b) <http://www.iberenciaoei.org/cursomatematicaprimaria/>.

c) <http://iberenciaoei.org/cursomatematica/>.

6. Por ejemplo: I Jornadas IBERCIENCIA – Matemática, Buenos Aires, 17 de julio de 2014. Más información: <http://www.iberenciaoei.org/> y <https://youtu.be/lkNB7XXOwpk>.

una nueva comunidad que nos brindó todo tipo de información relativa a los avances del congreso, requisitos de presentación y recepción de trabajos, recomendaciones, programa, memorias. De ese modo, pude formar parte del II día de GeoGebra en Iberoamérica, actividad enmarcada en el evento.

En 2015, integré por primera vez de un curso virtual titulado: “MOOC - ARTE Y TECNOLOGÍAS PARA EDUCAR”. Gracias a este aporte comencé a valorar los aportes del conectivismo para mejorar el proceso de enseñanza y realizar otros MOOC (massive open online courses) y tomar conciencia de su potencial.

“La aplicación más extendida del aprendizaje conectivista son los MOOC (*Massive Open Online Courses*). Los precursores, conocidos como cMOOC, o MOOC conectivistas, fueron precisamente implementados para validar las ideas matrices del conectivismo desarrolladas por Siemens y Downes (Wang, Cheng y Anderson, 2014). No persiguen tanto la adquisición de contenido o la capacitación en habilidades como el conocimiento socialmente construido. Muy diferentes son los MOOC posteriores, conocidos como xMOOC, que se centran más en la distribución de contenidos y omiten las características antes mencionadas. Se relacionan más con las grandes corporaciones (universitarias casi siempre) y se distribuyen en plataformas complejas como Coursera, EdX, Udacity” (Sobrino Morrás, 2014: 39).

Continué la indagación respecto de estas propuestas de aprendizaje abiertas y online que tienen como destinatarios una comunidad masiva y encontré una nueva tendencia: los sMOOC, que están basados en las ideas de *networking* y *ubiquitous learning*, la apertura, flexibilidad, autonomía e inclusión social. Más adelante descubrí que la FISEM convocaba a presentación de trabajos para el Congreso Iberoamericano de Educación Matemática VIII CIBEM en Madrid (España).⁷ Con motivo de éste último, y para dar un impulso desde la docencia en la mejora de la enseñanza y la imagen de la matemática, se inició un ciclo de videoconferencias previas al CIBEM 2017, impartidas por prestigiosas matemáticas: Cecilia Calvo Pesce,⁸ Regina Celia Grandó,⁹ Adriana Engler¹⁰ y Claudi Alsina (España),¹¹ entre otras. Todas ellas se encuentran en un espacio habilitado especialmente para ello, en la FISEM.¹²

7. Más información en: <http://www.cibem.org>.

8. Más información en: <http://www.oei.es/divulgacioncientifica/?Tareas-ricas-tambien-en-geometria-nueva-videoconferencia-previa-al-CIBEM>.

9. Más información en: www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?WebinarCIBEM2017-Formacao-de-professores-que-ensinam-matematica-no-Brasil.

10. Más información en: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?WebinarCIBEM-Dinamizacion-de-la-regla-de-los-cuatro-pasos>.

11. Más información en: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?webinarcibem-matematicas-sabrosas-en-la-cocina-por-claudi-alsina>.

12. Más información en: <http://www.fisem.org>.

Otra de las actividades que lleva adelante la OEI recientemente es el destacado Club Scratch, coordinado por José Francisco Quesada, que a través de sus distintos foros ofrece la posibilidad de contribuir al conocimiento y aprendizaje de este recurso desarrollado por expertos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), compartiendo problemas semanales, videoconferencias y talleres online. Asimismo, esta plataforma virtual propicia la difusión de las creaciones de los docentes integrantes y en 2018 promovió la publicación de una monografía centrada en estos temas, ofreciendo así un servicio de formación permanente y continua.

También participé de una nueva edición del Club Iberoamericano GeoGebra. Esta cuarta edición fue una excelente oportunidad para aprender el uso de *software* libre a través de los diversos materiales compartidos y del apoyo de un equipo de expertos docentes coordinados por Agustín Carrillo de Albornoz Torres. La propuesta se basó en elegir y resolver periódicamente uno de tres retos propuestos. Se contó con un espacio para subir las resoluciones, que fueron evaluadas tanto en portugués como en español.

IBERDIVULGA, por otra parte, me proporcionó una actualización permanente a través de múltiples artículos y documentos de divulgación científica que se publica diariamente a través del portal IberoaméricaDivulga, que tiene como objetivo dar a conocer los aportes de jóvenes científicos, “los verdaderos protagonistas de la ciencia”. Destacando la excelente fuente de información que provee a través de los Materiales de los Contenedores, “Siete lugares en los que encontrar contenidos educativos sobre ciencia, tecnología y sociedad. Decenas de materiales didácticos en cada uno de ellos. Centenares de propuestas prácticas para promover la cultura científica y superar las fronteras entre disciplinas”, proyecto coordinado por Mariano Martín Gordillo.

Siendo miembro de la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica (CECC), creada en 2009 desde la Red Iberoamericana de Divulgación y Cultura Científica, y que desde 2014 a través de IBERCIENCIA coordina un equipo especializado de docentes e investigadores, he tenido la posibilidad de participar con la escritura de diversos artículos y colaborar con la cultura y divulgación científica en Iberoamérica.¹³ Este proyecto de divulgación me ha ofrecido la oportunidad de volcar

13. Más información en las siguientes direcciones:

- a) <http://oei.es/divulgacioncientifica/?Seremos-los-docentes-los-causantes-del-fracaso-de-gran-parte-de-los-estudiantes#>.
- b) <http://www.oei.es/divulgacioncientifica/?Como-promover-estrategias-de-ensenanza-de-la-matematica-que-logren-atraer-la>.
- c) <http://oei.es/divulgacioncientifica/?Que-valores-estamos-inculcando>.
- d) <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?El-futuro-es-hoy>.
- e) <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Concurso-Matematica-Fotografia-y-GeoGebra-Una-propuesta-para-mejorar-la-imagen>.
- f) <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Saberes-previos-Que-aportes-realizan-para-direccionar-nuestras-practicas-Como>.
- g) <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Que-debemos-considerar-a-la-hora-de-elegir-los-medios-didacticos-a-implementar>.

en escritos experiencias de aula, docentes y profesionales, que me han resultado valiosas y deseaba compartir para que otros también pudieran conocer y enriquecerse. El último trabajo, de 2017, nos invita a pensar si es posible el crecimiento profesional a través de las comunidades virtuales de docentes:¹⁴

“En toda comunidad las personas sostienen intereses y propósitos comunes. En particular las comunidades virtuales de docentes buscan potenciar el crecimiento personal y profesional a través de ellas. La formación continua, la actualización docente, así como el trabajo colectivo entre pares de una institución o con colegas de otras escuelas es una de las formas más recomendables para optimizar y renovar la tarea docente. Una red virtual de docentes permite: realizar consultas, publicar y comentar experiencias y conocer la opinión de colegas, tomar ideas de trabajos de compañeros” (Sagol, 2012).

“La pertenencia a alguno de estos grupos se hace necesaria para poder convivir en esta sociedad de la información donde todo está en continuo movimiento. Necesitamos un medio para no sucumbir ante la avalancha de información que recibimos y remediar el aislamiento de muchos profesores que sufren al mantener muy pocos contactos profesionales”.¹⁵

“Podemos encontrar infinidad de sitios web para profesionales de la educación, a saber: Internet en el aula,¹⁶ Docentes 2.0,¹⁷ Docentes en línea,¹⁸ Simo educación,¹⁹ Scolartic,²⁰ Miriada,²¹ entre otros. Todas ellas pensadas para quienes desean mejorar sus prácticas en un área particular y/o sus habilidades en TIC. Allí podemos encontrar entre otras cosas, múltiples recursos innovadores, que son compartidos desinteresadamente por docentes que anhelan construir un mejor mañana y un presente más innovador e integral” (Rizzo, 2017).

319

También, gracias a esta red, me contacté con colegas que tenían mis mismas inquietudes respecto de las actitudes hacia las matemáticas de los aspirantes a impartir dicha asignatura. Todo comenzó con una preocupación planteada en la comunidad respecto del tema. Muchos fueron los comentarios que realizaron diversos colegas en el foro de IBERCIENCIA de la OEI. Al observar tal aceptación respecto del tema, la Dra. Raquel Fernández Cézar propuso armar un grupo de trabajo entre todos

14. Más información en: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Es-posible-el-crecimiento-profesional-a-traves-de-las-comunidades-virtuales-de>.

15. Más información en: <http://recursos.tic.educacion.es/artes/rem/web/index.php/es/musica-educacion-y-tic/item/300-comunidades-de-pr%C3%A1cticas-para-docentes-internet-en-el-aula>.

16. Más información en: <http://internetaula.ning.com/>.

17. Más información en: <http://www.docentes20.com/>.

18. Más información en: <http://docentesenlinea.fahce.unlp.edu.ar/>.

19. Más información en: http://www.ifema.es/simoeducacion_01/.

20. Más información en: <https://www.scolartic.com/inicio>.

21. Más información en: <https://miriadax.net/web/guest/nuestra-filosofia>.

los que mostramos interés y empezar así a intercambiar ideas. Así, en 2016 se constituyó el grupo de investigación sobre actitudes hacia las matemáticas de estudiantes del grado de maestro y maestros en ejercicio de las etapas de educación infantil y primaria en el entorno iberoamericano.

El trabajo resultante fue publicado en 2016 en la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS* (vol. 11, n° 33). Se estudió una muestra compuesta por 205 individuos (53 maestros en servicio y 152 estudiantes para maestro de las etapas de educación infantil y primaria en España) de ámbito iberoamericano, que incluyó miembros de España, Portugal, Argentina, Colombia, Ecuador y Venezuela. Partimos de la hipótesis de que existe relación entre las creencias y actitudes hacia las matemáticas de magisterio, pues ellas están implícitas en la forma en que ellos enseñan la materia y viceversa: la manera de enseñar las matemáticas está determinada por cómo son percibidas. Continuando con la hipótesis, estas actitudes y creencias y las prácticas docentes influirán en las actitudes hacia las matemáticas de sus estudiantes.

El trabajo tuvo dos partes bien diferenciadas. La primera era de naturaleza exploratoria y pretendía identificar los instrumentos más empleados en el estudio de actitudes hacia las matemáticas en maestros y estudiantes para maestro en el entorno iberoamericano. La segunda era de naturaleza cuantitativa y consistía en validar el cuestionario más ampliamente empleado para medir la actitud hacia las matemáticas de actuales y futuros docentes de matemáticas de educación infantil y primaria: la encuesta de Auzmendi. Pretendimos determinar la validez y confiabilidad de este cuestionario con una muestra compuesta por estudiantes del grado de maestro en educación infantil y primaria, y maestros en servicio de estas etapas de la educación. Para ello procedimos a realizar un análisis factorial exploratorio con la población de nuestro interés, y en concreto con nuestra muestra. Analizamos la consistencia interna del cuestionario con nuestros datos mediante el alfa de Cronbach. Obtuvimos 0,915, un valor muy cercano a 1, lo que nos hizo concluir que era consistente. Llamamos a este conjunto de ítems cuestionario modificado de Auzmendi y lo recomendamos como constructo para medir la ansiedad en maestros y estudiantes del grado de maestro en educación infantil y primaria.

La muestra piloto concluyó que el modelo de cinco factores propuesto no podía emplearse en este caso. Sin embargo, el análisis confirmatorio nos dio un modelo muy aceptable del factor ansiedad, compuesto por siete ítems. Indicamos, pues, estos ítems como un buen constructo para medir la ansiedad en maestros en ejercicio y estudiantes para maestro de educación infantil y primaria. Hoy continuamos trabajando en este proyecto iberoamericano y hemos decidido emplear este cuestionario modificado de Auzmendi para valorar la ansiedad como parte del cuestionario que elaboraremos para correlacionar con las prácticas docentes.

Queda así en evidencia que la conexión entre docentes fortalece el trabajo individual y permite emprender proyectos juntos. Cabe destacar que la OEI, a través de la creación del Instituto Iberoamericano de la Enseñanza de las Ciencias y la Matemática (IBERCIENCIA), el Instituto Iberoamericano de TIC y Educación (IBERTIC) y la experiencia y trayectoria del Centro de Altos Estudios Universitarios

(CAEU), se propone incorporar la cultura digital en la enseñanza de las ciencias y la matemática para mejorar las prácticas educativas y promover la formación docente. Por ello podemos encontrar todas sus noticias y novedades en redes sociales como Twitter y Facebook.²² Es intención de la comunidad difundir sus contenidos para que llegue al máximo número de personas y así propagar los saberes que se despliegan en cada uno de los artículos, proyectos y comentarios.

Bibliografía

AUZMENDI ESCRIBANO, E. (1992): *Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitaria. Características y medición*, Bilbao, Ediciones Mensajero.

CASTELLS, M. (2006): *La sociedad red: una visión global*, Madrid, Alianza Ensayo.

COPE, B. y KALANTZIS, M. (2009): "Aprendizaje ubicuo", *Ubiquitous Learning. Exploring the anywhere/anytime possibilities for learning in the age of digital media*, Champaign, University of Illinois Press.

FERNÁNDEZ ENGUITA, M. y VÁZQUEZ CUPEIRO, S. (2016): *La larga y compleja marcha del CLIP al CLIC. Escuela y profesorado ante el nuevo entorno digital*, Madrid, Fundación Telefónica, Ariel. Disponible en: https://publiadmin.fundaciontelefonica.com/index.php/publicaciones/add_descargas?tipo_fichero=pdf&idioma_fichero=es_es&titl e=La+larga+y+compleja+marcha+del+CLIP+al+CLIC&code=559&lang=es&file=La_l arga__compleja_marcha_de_CLIP_al_CLIC.pdf&_ga=2.252281229.546913613.149 5081546-43993391.1493440010.

FERNÁNDEZ-CÉZAR, R., SOLANO-PINTO, N., RIZZO, K., GOMEZESCOBAR-CAMINO, A., IGLESIAS, L. M. y ESPINOSA, A. (2016): "Las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes y maestros de educación infantil y primaria: revisión de la adecuación de una escala para su medida", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 11, n° 33, pp. 227-238. Disponible en: <http://www.revistacts.net/volumen-11-numero-33/320-dossier/743-las-actitudes-hacia-las-matematicas-en-estudiantes-y-maestros-de-educacion-infantil-y-primaria-revision-de-la-adequacion->.

SAGOL, C. (2012): *Material de lectura: Líneas de trabajo con modelos 1a1 en el aula I*, El modelo 1 a 1, Especialización docente de nivel superior en educación y TIC, Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.

22. Más información en: https://www.facebook.com/Cienciaoei/?hc_ref=SEARCH&fref=nf.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, C. R. (1996): "Validación y análisis ipsativo de la Escala de Actitudes hacia la Estadística", *Análisis y Modificación de Conducta*, vol. 22, pp. 799-819.

SOBRINO MORRÁS, A. (2014): "Aportaciones del conectivismo como modelo pedagógico post-constructivista", *Propuesta educativa*, vol. 42, pp. 39-48, Buenos Aires. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1995-77852014000200005.

WANG, Z., CHEN, L. y ANDERSON, T. (2014): "A Framework for Interaction and Cognitive Engagement in Connectivist Learning Contexts", *International Review of Research in Open and Distance Learning*, vol. 15, n° 2, pp. 121-141. Disponible en: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/1709>.

Se terminó de editar
en **Buenos Aires, Argentina**
en junio de 2019



REVISTA **IBEROAMERICANA** DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD

Artículos

Las ciencias sociales en América Latina desde las trayectorias y las experiencias científicas de sus investigadores
César Guzmán Tovar

A perspectiva CTS e a formação docente na visão de professores da educação básica brasileira
João Paulo Fernandes e Guaracira Gouvêa

¿Qué factores influyen en la construcción de ciudades inteligentes?
Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países
María Verónica Alderete

Innovación tecnológica en la cadena de producción de ropa en Argentina: cuando las apariencias engañan
Gustavo Ludmer

Dossier: *Ingeniería y sociedad digital*

Presentación

Juan Carlos Toscano y José Antonio López Cerezo

Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas
Judith Sutz

Ingenierías, sociedades digitales e infoesfera. Una interpretación de la filosofía y la ética de la información de Luciano Floridi
Lola S. Almendros y Javier Echeverría

Rompendo paradigmas na educação em engenharia
Walter Antonio Bazzo e Luiz Teixeira do Vale Pereira

Ingenieros del Antropoceno digital: la enseñanza de las ingenierías en una época incierta
José Manuel de Cózar Escalante

Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS a la formación de los ingenieros
Milena Ramallo, Elida Clara Repetto, María Celia Gayoso y Rosa Giacomino

Estudios críticos sobre algoritmos: ¿un punto de encuentro entre la ingeniería y las ciencias sociales?
Carlos E. Gómez

Del ágora pública a las redes sociales: por una ciencia y una democracia sin exclusión
Raúl Carbajal López y Cipriano Barrio Alonso

Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías
Raquel Villafrades Torres

La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0?
Raúl Tabarés Gutiérrez

El latente debate sobre la ingeniería y la ciencia
Javier Aracil



Instituto Universitario de
Estudios de la Ciencia y la Tecnología,
Universidad de Salamanca



redes



Centro de Estudios sobre Ciencia,
Desarrollo y Educación Superior