

¿Hacia una nanotecnología dislocada del conocimiento de lo social? Retos de la interdisciplina en nanociencia

JOSÉ A. AMOZURRUTIA*

INTRODUCCIÓN

En el título de mi trabajo¹ incluyo explícitamente el término *nanotecnología dislocada* porque veo en ella un desarrollo restringido que tiene todas las trazas para seguir distanciada de las necesidades de un México real, situación que hago extensiva a las necesidades de un mundo real. No veo en ella un desarrollo científico equilibrado y verdaderamente multidimensional con el cual se acople de forma integral a un desarrollo de conocimiento y su puesta en práctica en problemas esenciales. Si bien ciencia y tecnología hoy se confunden y se reconfiguran como tecnociencia y en el mejor de los casos, dentro de una posible *ciencia posnormal*,² considero que es la actividad interdisciplinaria el sentido que debe *reformatear* el desarrollo de la nanociencia y sólo entonces hacer posible el desarrollo de una nanotecnología más integrada a los problemas de nuestra civilización actual.

Desde la mirada de las ciencias sociales, que hoy asumo como sociólogo de ingenierías y epistemologías, destaco explícitamente la relevancia que deben tener los hallazgos y la reflexión en las ciencias sociales sobre el desarrollo de nuestra civilización. Afirmo que la ciencia —idealmente impulsada por el desarrollo del conocimiento de los fenómenos físicos, naturales y sociales—, hoy en día, está sesgada a la mirada de códigos de fragua conductualmente tecnológica —y que la tecnología entendida como la aplicación de conocimientos científicos en la solución de problemas reales—, en lugar de aplicar y dar sentido civilizatorio a los hallazgos de la ciencia básica, aminora e ignora en sus modelos la importancia de los componentes social y axiológico³ de los problemas del mundo que vivimos y es impulsada por el afán de descubrir primero, patentar y controlar. El defasamiento entre la economía y las finanzas a que hemos llegado hoy en día, el que priva de manera sutil entre lo que se

* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CIIICH), de la Universidad Nacional Autónoma de México.

¹ Derivado de la ponencia presentada en el Encuentro Internacional e Interdisciplinario en Nanociencia y Nanotecnología, mesa 11: Enseñando nanociencia y nanotecnología.

² Se trata de una perspectiva en donde el punto de partida es la impredecibilidad y la incertidumbre de los fenómenos y comportamientos. Una ciencia que exige la importancia de una pluralidad de perspectivas legítimas y asume las contradicciones de nuestro tiempo. Una ciencia que contribuye a la articulación de un sistema tecnológico con raíces renovadas con especial atención en la calidad de la información y en la ética implicada, asumidas ambas como tipos de incertidumbre (Funtowiks y Ravetz, 1993).

³ Uso este término para enmarcar la perspectiva general para el análisis de las valoraciones, que va de la organización de los códigos de valor generados en las tradiciones y costumbres en una comunidad específica y comprendidos como una moral, hasta el análisis de las valoraciones entre morales de una sociedad bajo una dimensión ética, pasando por el análisis de códigos de valoración específicos en las deontologías disciplinares.

comunica y lo que realmente sucede y el que potencialmente se avecina con los hallazgos tecnológicos de lo nano y lo que realmente sucede y se requiere en los problemas sociales, nos muestra claramente dicho sesgo y fragua.

UNA FALLA FUNDAMENTAL PERMANENTE

Parto de que el desarrollo científico requiere de mayor atención en la forma de una actividad cabalmente interdisciplinaria y desde luego de la existencia de niveles de especialización disciplinaria que resuelva problemas específicos en el ámbito de la ciencia básica y consecuentemente de su aplicación tecnológica. Pero dicho desarrollo no debe ignorar la atención sobre el carácter multidimensional que deben reconocer ingenieros y funcionarios de políticas sociales y científicas respecto a los problemas prácticos por resolver. De ahí la necesidad de encontrar respuestas a problemas específicos derivados de la ciencia básica que tomen en cuenta un espectro de solución más amplio y consciente de los desplazamientos que implica su solución y de los ámbitos que incluye y excluye selectivamente. Pero la multidimensionalidad se resuelve necesariamente con la actividad interdisciplinaria.

Desde el surgimiento de las máquinas industriales en la segunda mitad del siglo XVIII, hasta la construcción de la gran mayoría de los artefactos de la ciencia contemporánea, estoy de acuerdo con Enrique Leff en que hay una *falla fundamental*, que permea nuestro desarrollo civilizatorio. Dicha falla deriva de una racionalidad errónea —como falta de conectividad entre el hacer y conocer— en el desarrollo científico y tecnológico, que ha generado una degradación ambiental, riesgos ecológicos y un avance progresivo de pobreza, y que tiene como contrapunto “significante” —diría Leff— a la sustentabilidad (Leff, 2002: 11). Señalo, además, que un componente central en dicha falla, el motor epistémico que impulsa los desarrollos científicos, está asociado con una concepción de ciencia muy atada a las leyes de lo físico y natural de nuestros problemas, y muy poco ligada al ámbito de los significados y sentidos de las axiologías sociales y culturales íntimamente acoplados a ellas y también muy nuestros. Análogamente, diría que ello contribuye a la construcción de una “nanoburbuja” que tiende a desvincular el conocer/hacer —de realidades biosociales— a un conocer/hacer —de realidades biofísicas—, ignorando las realidades biosocioculturales.

CIEGA INCONMENSURABILIDAD ENTRE LAS DOS CULTURAS

A lo largo de mi desarrollo académico y profesional, constato de manera casi permanente que el problema de *las dos culturas*⁴ sigue imposibilitando una relación dialógica entre profesionistas e imponiendo soluciones falsamente coherentes y consistentes. El desarrollo científico sigue jaloneado por una perspectiva fuertemente positivista, al estar fraguado dentro de un marco de valores restringido a estrictas condiciones de frontera que validan esencialmente evidencias materiales, y que desconocen significados y sentidos —como otras fuentes de materia/energía, propios de sistemas

⁴ El término de ‘las dos culturas’ fue acuñado por C.P Snow en 1959 para describir la polarización y la falta de comunicación entre las comunidades de practicantes en las ciencias y las humanidades. “La frase muy criticada, trasciende como una clasificación de sentido común, explícitamente en los debates epistemológicos acerca de la creación de un conocimiento fidedigno, e implícitamente en las consecuencias prácticas de separar la ciencia de otras actividades intelectuales” (Lee, 1998).

abiertos— igualmente significativos. Al mismo tiempo, el desarrollo científico generalmente se encandila por estar ciegamente sujeto a un tiempo, cronológico (Delgado Ramos, 2008: 29-31) y a un valor ficticio monetario, regido por una plusvalía también dislocada. Se trata de un desarrollo aferrado a cronogramas de eficiencia y productividad que reiteran intereses generalmente concéntricos en torno a una región privilegiada de la sociedad. Ello impide, consecuentemente, un desarrollo tecnológico equilibrado y nos conduce hacia una sociedad cada vez más polarizada y menos coherente respecto a los criterios de desarrollo civilizatorio que hemos creado.⁵

Considero que hoy en día es esencial encontrar mejores maneras de lograr nuevas formas y *metodologías de vinculación* en la actividad interdisciplinaria —actividad incluso muy pobre en nuestra universidad, porque no se trata de sumar esfuerzos para enfrentar proyectos asociados a varias disciplinas, sino de conjugar conocimientos para construir nuevas alternativas frente a lo complejo—, y entonces aproximarnos a soluciones menos sesgadas y más equilibradas. No se trata de multiplicar 3x4 para dar 12 metros lineales y permanecer en la misma dimensión, sino para generar un arreglo de doce espacios en dos dimensiones, como matriz de nuevos escenarios de solución. Es importante redefinir el concepto de equilibrio físico-social para formular modelos menos desbalanceados respecto a la mirada de las ciencias duras y más cercanos a los ángulos de observación de las ciencias suaves. No se trata de encontrar el óptimo de una función objetivo, sino el encuentro de la zona de Pareto con óptimos posibles como escenario de solución a una función multiobjetivo (Amozurrutia, 2008b).

Es por ello que deseo reflexionar sobre la importancia que tiene el concepto de *ciencia como real actividad interdisciplinaria*, una ciencia que desde su concepción y a lo largo de su desarrollo vaya incidiendo, transformando y acoplándose a una concepción tecnológica que necesariamente desemboque en una axiología con códigos de valores menos polarizados. Códigos que permitirían un menor desmembramiento entre lo que se piensa y lo que se hace, entre el deseo individual y el compartido, entre la necesidad ciega personal de un grupo privilegiado y la necesidad vital de convivencia consensada, derivando en formas de sociabilidad con nuevas formas de democracia, mejores criterios de equilibrio social forjados desde las propias comunidades, implicando una revaloración del respeto y la comprensión de los otros en un mundo esencialmente pluricultural. Una ciencia que tome en cuenta criterios de la ciencia posnormal y esté asociada necesariamente a la construcción⁶ de *sistemas de lo complejo* como una mejor aproximación al desarrollo de una nanotecnología-ciencia.

⁵ Enfatizo también, como necesidad contrapuntística, la falta de rigor metodológico, formalización y distanciamiento que una gran comunidad de estudiosos de las ciencias sociales adolecen, y que de manera semejante a los feudos disciplinarios en las ciencias físicas y naturales, el esquema se repite en los dominios del significado y sentido. El esfuerzo que es necesario hacer dentro de las ciencias sociales respecto a su acercamiento a las disciplinas mal llamadas duras y a los lenguajes comunes propuestos (Amozurrutia, 2008a) como la epistemología, las matemáticas y el pensamiento sistémico es semejante al esfuerzo que va de las ciencias a las humanidades. Pero ello no nos impide reflexionar sobre la relevancia que tiene este acercamiento en el desarrollo de la nanotecnología y del compromiso, al menos, en el ámbito de la investigación, respecto al desarrollo que está teniendo el conocimiento y aplicación de lo nano.

⁶ Se trata de una construcción que avanza siempre mediante el juego dialéctico entre un hacer y un conocer implícito en la acción, y conlleva una valoración permanente. Cada acción conlleva necesariamente una valoración que al ser ignorada genera vacíos que más adelante emergen como burbujas que sostienen falsas construcciones. Dicho hacer-conocer implica un aprendizaje permanente que abrevia de consensos crecientes propios de una perspectiva constructivista no radical y que se asume como aproximación a mayores grados de certeza sobre sus objetos de estudio.

Desde luego que es muy importante insistir en el estudio cada vez más profundo y necesario de toda disciplina y en los procesos de diferenciación disciplinar que aún resta por hacer en ellas, pero también es imposible seguir propiciando la solución de problemas desde el nivel de análisis de una disciplina privilegiada. Es necesario dejar de tomar decisiones solamente en función de una economía de mercado, o desde las finanzas corporativas, o desde una política de guerra o desde el derecho de los privilegiados. Perspectivas macrodisciplinares que escogen y priorizan selectivamente desde su ángulo de observación, una axiología restringida y parcial para el devenir de la tecnociencia.

El reto es grande, porque es necesario estrechar vínculos y establecer nuevas relaciones entre las disciplinas y, consecuentemente, entre profesionistas, investigadores y responsables de políticas sociales, científicas y culturales. Es necesario reconocer entre ellas elementos y relaciones isomórficas y patrones comunes que permitan formular objetos de estudio y estrategias de solución más coherentes y consistentes. En este acoplamiento, las distinciones disciplinarias se complementan y se transforman dentro de una dialéctica que resuelve por integraciones y genera nuevas diferenciaciones, tejiendo puentes conceptuales con mayor transmisividad y mesurabilidad entre dominios aparentemente distantes.

Deseo reflexionar sobre la importancia que tiene el concepto de interdisciplina en el desarrollo de la ciencia y de la tecnología y, por tanto, en el de nanotecnociencia. Para ello revisaré brevemente la relación entre interdisciplina, sistema complejo y nanociencia interdisciplinaria.

APROXIMACIÓN A LO COMPLEJO Y A LA ACTIVIDAD INTERDISCIPLINARIA

La interdisciplina debe ser pensada como un *proceso* que enfrenta *lo complejo como sistema*. Lo complejo como adjetivo que implica fuertes interdefiniciones y heterogeneidades entre las relaciones y relaciones de relaciones derivadas de acciones que operan como subtotalidades y totalidades. Pero también hoy en día y desde otra perspectiva que enriquece la perspectiva de lo complejo, incluyo la concepción de los *sistemas adaptativos*, como sistemas abiertos que emulan comportamientos inteligentes multiplicando las posibilidades de selección en la toma de decisiones. Organizaciones que se alejan de la perspectiva de los sistemas de control y enjaulamiento de lo físico y lo social y se orientan en la búsqueda de sistemas abiertos con mayores grados de autorganización, especialmente en su evolución morfogenética.

Pero no habrá que pensar a la complejidad como sustantivo, como una propiedad que corporiza a los fenómenos en objetos y modifica su comprensión dinámica, sino como un *adjetivo* que señala una cualidad que se aparta de lo lineal y complicado para aproximarse a una mejor evaluación de la riqueza e interacciones posibles del problema en estudio, hacia una conjugación de informaciones-comunicaciones-conocimientos. Lo complejo es un término que define un observador atento al carácter multidimensional y al fuerte nivel de interacción en los problemas en que vive, y en el caso que hoy nos incumbe, a la mirada atenta sobre las no-linealidades a las emergencias derivadas de nuevas relaciones y a comportamientos extraños en el ámbito de lo nano.

Hoy en día, esta cualidad de *lo complejo* es cada vez más evidente en la mirada atenta de todo investigador de lo social, de lo físico y lo natural, al reconocer como

distinción característica las fuertes interdefiniciones en el comportamiento de las “estructuras/procesos” implicados en los problemas y en las heterogeneidades presentes en las naturalezas de sus objetos de estudio. Lo complejo también se caracteriza por enfrentar las inconmensurabilidades derivadas de la vinculación de escalas de tiempo y espacio en las relaciones entre los componentes de un sistema, y por comprender el surgimiento de *relaciones de las relaciones* —o relaciones de orden superior—, en el desarrollo de los procesos y reestructuración de los sistemas.

CIBERCULTUR@ COMO UNA FORMA DE ACTIVIDAD INTERDISCIPLINARIA

La actividad interdisciplinaria se construye con la disposición de colaboración y transformación de un equipo multidisciplinario de profesionistas especializados en varias disciplinas. El trabajo en equipo maximiza sus interacciones bajo el desarrollo de una *cultura de comunicación* que parte de coordinar acciones de escucha atenta hacia la comprensión del problema cuestionado bajo diferentes preguntas formuladas desde cada disciplina y desde una base epistemológica, bajo la escucha atenta de diferentes niveles de observación y análisis que propicien el desarrollo de una inteligencia colectiva.

Esta actividad interdisciplinaria a su vez no puede estar desligada del desarrollo de una *cultura de información* que construya y comparta conceptos y significados semejantes de distinción, selección, ordenamiento, jerarquía, estructuración y organización en memorias temporales y fijas, dentro de sistemas de información que establezcan un sentido acorde con la conjugación de naturalezas físicas, sociales y culturales.

Desde nuestra perspectiva (González, Amozurrutia y Maass, 2007) —y aquí deseo hacer explícita mi colaboración dentro del programa de Epistemología de la Ciencia y Cibercultur@ en el CEIICH de la UNAM, que es compartida con Jorge A. González y Margarita Maass— el desarrollo de una cultura de comunicación e información necesariamente debe estar asociada con el desarrollo de una *cultura de conocimiento*. Desde las primeras aproximaciones al concepto y desarrollo de ciencia y de la práctica interdisciplinaria, la cultura de conocimiento debe estar asociada al estudio básico de *cuatro áreas de conocimiento* que estrecharán el diálogo interdisciplinario: el estudio de una epistemología constructivista, de un pensamiento sistémico y del conocimiento básico de las matemáticas y del lenguaje (Amozurrutia, 2008a).

De esta manera, el desarrollo de la nanociencia lo concebimos dentro de una actividad interdisciplinaria comprendida en el marco de una cibercultur@: conjunción de información/comunicación/conocimiento, y desarrollada dentro de un proceso dialéctico derivado de preguntas y respuestas en torno a la multidimensionalidad de los problemas que pretende resolver, proceso enriquecido por nuevas diferenciaciones e integraciones.

HACIA UNA SÍNTESIS DE PERSPECTIVAS DISCIPLINARIAS

Estoy convencido de que el desarrollo de la ciencia y de la cultura no puede seguir anclado solamente en empirismos o en racionalismos desvinculados y apartados entre sí, en distinciones de *ismos* abanderados por las ciencias duras y las suaves. El desa-

rollo científico debe abolir la distinción duro-suave y sí, delimitar permanentemente un nivel de observación que integre formas heterogéneas en nuevos *espacios de fase* cada vez mejor circunscritos. El reto consiste en enfrentar la gama de durezas y sutilezas mediante perspectivas ancladas en un constructivismo que no cese de tejer dialécticamente material empírico con procesos de asimilación, abstracción y generalización, siempre vinculados con su historia o genética —de acuerdo con Rolando García⁷ (2006: 33ss y 87ss).

La construcción conjunta de objetos de estudio, de marcos epistémicos y metodologías —en equipos de trabajo multidisciplinarios— son elementos esenciales de una actividad interdisciplinaria, son el punto de partida para la solución de problemas prácticos de hoy en día. Dichas actividades deben estar coordinadas desde una perspectiva que conjugue objetivos y procedimientos a partir de estrategias heurísticas para irse aproximando a la definición de métodos, técnicas y protocolos, y con ello conducir al equipo de investigación hacia una mejor “comprensión/explicación” de lo complejo de los problemas actuales, de los desarrollos interdependientes entre lo nano y lo mega, y con altos grados de imprevisibilidad social si se destapan apresuradamente. Problemas de naturaleza heterogénea derivados de la interacción entre los niveles atómicos, biológicos, fisiológicos, psicológicos, socioculturales, y siempre atentos a evitar incertidumbres sutilmente concertadas en el ámbito del mundo de lo invisible —física y socialmente—, propiciando lo que Gian Carlo Delgado Ramos ha denominado “la guerra por lo invisible”.

El eje de la axiología para el desarrollo de una cultura de información, de comunicación y de conocimiento es aún más central si pensamos en los retos e implicaciones que tiene el desarrollo de una ciencia que opera por debajo de los 100 nanómetros. Una ciencia que todavía está buscando la definición de estándares, la caracterización de las propiedades de los nanomateriales, los conceptos de articulación entre los niveles nano, micro y meso, pero, sobre todo, que desconoce las implicaciones bio-físico-sociales en el funcionamiento de nanopartículas en nuestro organismo y en el equilibrio en los ecosistemas naturales y simbólicos. Imaginemos el dislocamiento posible derivado de una falta de comunicación entre los estándares para cuantificar riesgos y establecer normatividades consensadas, una falta de información común para hacer posible trabajos conjuntos ante un problema común, una falta de conocimiento para saber si los productos generados aumentan sensiblemente la mutación y la expresión de genes que propician nuevas generaciones de enfermedades cancerígenas.

Es imperativo hoy en día que el desarrollo de la nanociencia se oriente al desarrollo de un conocimiento orientado a la búsqueda de nuevas realidades fisicoquímicas, bioquímicas y socioculturales que resuelvan problemas comunes y vitales para la sociedad en su conjunto. Es imperativo que la nanotecnología se oriente a la solución de problemas inmanentes y vitales para el desarrollo ecológico, salud, alimentación y el desarrollo social en primera instancia, y para la satisfacción de deseos y necesidades menos apremiantes en segunda instancia. Ambas actividades deben ser conducidas bajo la perspectiva de una interdisciplina que conjugue nuevas dimensionalidades: informaciones/comunicaciones/conocimientos, bajo una concepción científica mul-

⁷ Autor del que también incluyo en la concepción interdisciplinaria, *Epistemología constructivista*, la que considero como una fundamentación actualizada del pensamiento piagetiano (García, 2000).

tidisciplinaria. La integración tecnológica en general debe desarrollar aplicaciones basadas en desarrollos sustentables —entendidos como sistemas adaptativos con grados de autorganización creciente y acoplados en formas de equilibrio menos sesgadas—, y dicho una vez más, que no comprometan a generaciones futuras.

No sobra insistir que la actividad interdisciplinaria debe incluir la presencia de puntos de vista de las diferentes esferas sociales, orientando ciencia y tecnología hacia nuevas formas de equilibrio social. Para ello es necesario propiciar y establecer un diálogo basado en una nueva cultura de comunicación/información/conocimiento, entre actores de las comunidades de las ciencias físicas, naturales, sociales y humanidades, así como del sector gubernamental, empresarial “y” de la comunidad civil. Es relevante, además, incluir a una sexta comunidad que opere como “facilitadora” del proceso del diálogo social, una comunidad de especialistas independientes Inter, multi y transdisciplinarios en aspectos legales, éticos, sociales y ambientales como las comunidades ALESA (Aspectos Legales, Éticos, Sociales y Ambientales) de la nanotecnología (Delgado Ramos, 2007: 395).

De manera paralela, es necesario transformar las estructuras/procesos de enseñanza en las universidades y escuelas, incluyendo actividades interdisciplinarias que partan de las cuatro áreas de conocimiento referidas, fundamentales para toda disciplina. Se trata de la necesidad de una re-estructuración profunda de las academias y de los programas de estudio.

Los retos de la interdisciplina en la nanociencia deben incluir una mirada constructivista, que por su naturaleza es valorativa y está asentada en un hacer íntimamente ligado a un conocer y un conocer necesariamente ligado a un hacer, que no sesgue valoraciones netamente asociadas a una evolución del más fuerte, sino del más adaptado, acoplado y armónico, no hacia un equilibrio óptimo que disloque otros sistemas, sino hacia múltiples formas de equilibrio acopladas, hacia el desarrollo de una conjugación de una cultura de comunicación/información/conocimiento transversal a todas las disciplinas para resolver nuevas cualidades derivadas de lo complejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amozurrutia, José A. (2008a). *Genetic epistemology, mathematics and systemic thinking: As essential disciplines for social research interdisciplinarity*. Trabajo presentado en la 8th International Conference of Sociocybernetics. México, DF.
- _____. (2008b). *Reflexividad sistémica ante los retos de la sustentabilidad*. Trabajo presentado en el Simposio Internacional sobre Tópicos Selectos en Ingeniería de Sistemas Complejos aplicados a la Producción Animal Sustentable. Morelia, México.
- Delgado Ramos, G. C. (2008). *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*. México: CEIICH-UNAM.
- Funtowics, S.O. y Ravetz J.R. (1993). *La ciencia posnormal*. Buenos Aires: Icaria, Antrazyt.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. España: Gedisa.
- _____. (2006). *Sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa.
- González, Amozurrutia y Maass. (2007). *Cibercultur@ e iniciación en la investigación*. México: CNCA, CEIICH, IMC.

Leff, E. (2002). *Saber ambiental*. México: Siglo XXI Editores.

Lee, R. (1998). *Estudio de la complejidad y las ciencias humanas: presiones, iniciativas y consecuencias del predominio de las dos culturas*. México. Publicado en la colección de divulgación del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, CEIICH de la UNAM.