

CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD, EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN. TRES PROBLEMAS FUNDAMENTALES

Carlos Eduardo Maldonado⁷

Resumen

Esta ponencia da cuenta de la amplia masa crítica que han ganado las ciencias de la complejidad, las cuales se comportan como una verdadera revolución científica; por lo tanto, aquí se intenta resolver ¿Cómo se enseña en las ciencias de la complejidad? ¿Cómo se aprende en las ciencias de la complejidad? ¿Cómo se investiga en las ciencias de la complejidad? ¿Se enseña y se aprende de la misma manera que en la tradición, en la ciencia moderna o que en la ciencia normal vigente y dominante? ¿Se investiga de la misma manera como investiga la ciencia normal o en la ciencia clásica?

Palabras clave: Ciencias de la complejidad, educación, investigación.

Introducción

Existe prácticamente unanimidad sobre el hecho de que las ciencias de la complejidad son ciencia de punta (*spearheadscience*), ciencia de frontera, en fin, que al mismo implican y componen una auténtica revolución científica. Incluso entre los detractores de la complejidad, es evidente que hay aquí una novedad.

La caracterización de las ciencias de la complejidad tiene una ya muy amplia literatura detrás suyo. Desde quienes las definen en función de sus atributos (Bar-Yam, 1997), hasta quienes lo hacen en términos de las nuevas percepciones del mundo, por ejemplo (McCabe, 2014). Desde quienes trazan árboles de familia (Castellani, 2009) hasta quienes se concentran en el desarrollo y aplicaciones de numerosos temas puntuales. La literatura en estos otros aspectos es igualmente abundante y creciente.

No cabe la menor duda que las ciencias de la complejidad han ganado una muy amplia masa crítica. Pero, es preciso reconocerlo, también hay que decir que las ciencias de la complejidad se encuentran aún lejos de convertirse en el paradigma dominante. Todavía, para decirlo en el lenguaje kuhniano, la complejidad sigue siendo una anomalía; esto es, la emergencia de un nuevo paradigma. Al fin y al cabo, organizacionalmente se trata de un grupo de ciencias, disciplinas, herramientas, enfoques y demás, que a la fecha aún no cumple dos generaciones de establecida a partir de la creación de los primeros centros e institutos dedicados

⁷Profesor Titular Facultad de Ciencia Política y Gobierno, Grupo CEPI. Universidad del Rosario.
carlos.maldonado@urosario.edu.co

al estudio e investigación de la complejidad a finales de los años 1970s y comienzos de los 1980s.

Pues bien, con este texto me propongo abordar y resolver tres problemas que a mi modo de ver son fundamentales y sobre los cuales, sin embargo, no existe prácticamente ninguna reflexión en el mundo. De manera directa, los problemas que me propongo atacar y resolver cobran como primera expresión el siguiente interrogante: Si las ciencias de la complejidad son ciencia de nuevo tipo, ¿qué clase de ciencias son? Esto es, huelga decirlo, no son ciencia clásica, pero tampoco son a la manera de la ciencia normal (*mainstream*). Así las cosas, si son un nuevo grupo de ciencias y comportan una verdadera revolución científica en el más amplio pero preciso de los sentidos, entonces: ¿cómo se enseña en las ciencias de la complejidad? ¿Cómo se aprende en las ciencias de la complejidad? Más radicalmente, ¿cómo se investiga en las ciencias de la complejidad?

¿Se enseña y se aprende de la misma manera que en la tradición, en la ciencia moderna o que en la ciencia normal vigente y dominante? ¿Se investiga de la misma manera como investiga la ciencia normal o en la ciencia clásica?

La respuesta intuitiva es que ni se aprende ni se enseña ni se investiga de la misma manera en complejidad que en otras ciencias y disciplinas. Y sin embargo, la intuición no es aquí suficiente: hay que demostrarlo. Pues bien, este constituye el núcleo y el objetivo de este texto. Me propongo con ello llenar un vacío que o bien ha sido evitado o bien ignorado por parte de la comunidad de complejólogos. Manifiestamente, la reflexión que me propongo aquí es de segundo orden. Cada uno de los problemas mencionados conforma, respectivamente, las primeras tres secciones de este texto. Sobre la base suya, en la cuarta sección elaboro algunas consideraciones generales acerca de las consecuencias sociales y culturales que entrañan los problemas y las comprensiones de los mismos formuladas. Al final extraigo algunas conclusiones.

Desarrollo

1-. ¿Cómo se enseña en las ciencias de la complejidad?

La educación ha estado sometida a diversas modas originadas seguramente en buenas razones o en conveniencias de orden macropolítico –desde la educación satelital, hasta la escuela crítica, desde los enfoques piagetianos, hasta las ideas sugeridas por E. Morin-. Asimismo, diversas escuelas han alimentado o servido de justificación a diversos enfoques, metodologías, prácticas, experimentos –entre las cuales se incluyen el constructivismo, la investigación acción-participación, o el enfoque basado en competencias-. El abanico es amplio y variable de tanto en tanto. En la mayoría de los países de América Latina lo cierto es que la educación, en el mejor de los casos, ha constituido un asunto de gobierno, pero jamás, hasta la fecha, ha sido considerada como un proyecto país. Con la notables excepciones,

como Cuba o Brasil, por ejemplo, a diferencia de numerosos otros países y sociedades. Ello al mismo tiempo se debe a la historia de violencia, a las desigualdades sociales y la inequidad y a una cierta indolencia hacia lo que comporta la educación, a saber: información, conocimiento, reflexión, crítica, debate, argumentación, descubrimiento, en fin, investigación. En este último caso, independientemente incluso de las distinciones entre investigación formativa o investigación científica – un tema que permite adecuadamente identificar a la comunidad académica y a la comunidad científica.

A fin de abordar la pregunta formulada, se hace sin embargo necesario una aclaración fundamental. Desde la mejor tradición de sabiduría de la humanidad, en Occidente o en Oriente, en el pasado o en el presente, hemos llegado a reconocer explícitamente que las cosas verdaderamente importantes en la vida no se enseñan ni se pueden enseñar. Sin extenderme demasiado en este punto, cabe decir que temas o aspectos como la ética, investigación, pensar, y vivir, por ejemplo, son cosas que ni se pueden ni se deben enseñar. Aprendemos a ser éticos, y lo aprendemos por el ejemplo. En consecuencia, es absurdo y objeto de una seria sospecha que haya currículos de ética, programas de ética y profesores que enseñan ética. Aprendemos a vivir una vida buena en comunidad y mediante el ejemplo; todo lo demás es doctrina y disciplinarización.

Aprendemos a pensar en comunidades y ejercicios –académicos, por ejemplo, y muy notablemente- y al cabo de un tiempo, jamás de un momento para otro. Mejor aún, las cosas verdaderamente importantes no se piensan sin la cabeza, pero no se piensan con o en la cabeza, sino entrañan toda nuestra existencia: procesos mentales y al cuerpo. De manera genérica, aunque no es este el espacio propio para ampliar esta idea, ha quedado establecido que sólo cuatro esferas enseñan a pensar: la filosofía, las lógicas, las matemáticas, y o bien los idiomas clásicos o algunos cuantos idiomas contemporáneos. Pensar es pensar al mismo tiempo en el todo y en las partes, y exige capacidades de abstracción y mucha imaginación. Todo lo demás tan sólo enseña a conocer.

En el mismo sentido, tan solo se pueden enseñar técnicas de investigación, pero en absoluto métodos y mucho menos a investigar. Esto es algo que se hace, análogamente al aprendizaje chamánico, de la mano de un investigador consumado y al cabo de un tiempo mediano o largo: un doctorado que dura como promedio cinco años alrededor del mundo. Es suficientemente sabido que tan sólo al nivel de un doctorado se forma investigadores; antes, tan sólo se los prepara. La formación básica en investigación conduce al doctorado. Pero en honor a la verdad, ahí tan solo empieza el camino.

Pues bien, todo lo demás se enseña y se puede enseñar.

Hecha esta aclaración, existen evidentemente aspectos que se enseñan, tales como cuestiones históricas, acceso a información, incluso relativamente procesamiento de la información, toda clase de técnicas, habilidades y destrezas – en contraste con la distinción fina que hace M. Nussbaum (2013) entre aquellas y

las *capacidades*, las cuales por definición ni se pueden ni se deben enseñar-. Cabe enseñar a ser disciplinado y desarrollar o perfeccionar una disciplina mental y de vida, por ejemplo. De la misma manera se enseña a diferenciar entre fuentes confiables y no tan seguras, a escribir, a argumentar, en fin, a defender una idea.

Ninguno de estos aspectos es baladí. Pero tampoco se trata aquí de hacer una lista exhaustiva de las cosas que, genéricamente, se enseñan en el proceso educativo, supuestos los diferentes niveles de formación, uno, y educación, luego.

Supuestas las consideraciones anteriores, es preciso partir de un hecho determinante. No existe hasta la fecha, alrededor del mundo, todavía, un pregrado en ciencias de la complejidad. Las personas que se forman en complejidad lo hacen hasta la fecha *al cabo*: es decir, en maestrías, doctorados o centros e institutos de investigación. Empleando la muy válida distinción que se hace en inglés entre *formation* and *education*, cabe entonces decir que la inmensa mayoría de complejólogos hasta la fecha se educan en complejidad una vez que ya han sido formados en otras ciencias y/o disciplinas. Más exactamente, hasta el momento, todos, incluso los más destacados complejólogos alrededor del mundo son de primera generación. Sociológica o demográficamente hablando apenas estamos comenzando a formar complejólogos de segunda generación.

Lo anterior no obstante, se hace imperativo señalar que a nivel de colegios existen varios grupos destacados, pero escasos y pequeños aún, que están comenzando a enseñar elementos de complejidad –por ejemplo caos, o fractales-, desde los niveles de primaria y bachillerato, aun cuando no se definen de manera integral a sí mismo como complejólogos. Me refiero, por ejemplo, muy notablemente, a colegios del Bachillerato Internacional (*IB School*) o colegios internacionales que no forman parte del sistema IB –usualmente coordinados, dirigidos u orientados por y hacia sistemas diferentes a los nacionales (alemán, francés, norteamericano, japonés)-. Conocemos también algunas de las experiencias de la Red Intenacional de Escuelas Creativas (RIEC) con un importante trabajo sobre transdisciplinariedad. Sin embargo, en rigor, la transdisciplinariedad no implica necesariamente a la complejidad.

De suerte que la enseñanza de complejidad se está dando en la actualidad simultáneamente a distintos niveles y con resultados siempre promisorios. Un elemento central al respecto es la formación en matemáticas de punta, lógicas de frontera y en modelamiento y simulación. Estos tres pilares constituyen referentes inequívocos de educación en la buena dirección de las ciencias de la complejidad. Ello, sin embargo, no debe ser adoptado, en absoluto, como una especie de reduccionismo matemático, lógico o computacional; acaso en desmedro de las llamadas ciencias sociales y humanas, o de las artes. Volveré sobre estos tres aspectos más adelante.

Quiero decirlo de manera franca. La forma como actualmente se enseña complejidad es exactamente de forma no-lineal. Esto quiere decir, que los contenidos de un área o una materia no son, en manera alguna, ajenos o

independientes de las demás materias, con lo cual se trabaja en términos de áreas, campos, o de problemas. Muy específicamente, problemas transversales, cruzados. Así, se está enseñando a no dividir o compartimentar el conocimiento. Asistimos a los albores del final del análisis, que es la forma, desde Platón y Aristóteles, como predominantemente ha pensado la humanidad occidental. Muy literalmente, se trata del desarrollo de un currículo no-lineal. Pues bien, una sistematización de los que es, cómo se implementa y lo que significa un currículo no-lineal se encuentra en (Davis and Sumara, 2006; cfr. también Maldonado, 2014a).

Las ciencias de la complejidad están atravesadas por un fenómeno o un artefacto *cultural*, a saber: el computador y la computación⁸. Esta idea fue originariamente planteada por Pagels (1989). Sociológicamente el tema ha encontrado ya una expresión idónea. Cabe distinguir entre quienes han nacido en las nuevas tecnologías –“nativos digitales”-, que son aquellos que nacieron durante o después de 1985, y quienes han emigrado o están emigrando a ellas –“inmigrantes digitales”-. Literalmente se trata de la distinción entre quienes son análogos y quienes son digitales. El alcance social y cultural de esta idea no escapa a nadie.

En verdad, la más grande brecha generacional hoy por hoy es entre quienes son amigables con las nuevas tecnologías –cuya expresión son *smartphones*, tabletas, redes sociales, internet 2.0 y superior, y otros aspectos semejantes y próximos-, y quienes, por el contrario, son reacios a las mismas. Quiero decirlo de manera franca: aquí se encuentra una de las más sólidas bases de distinción entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad, y al mismo tiempo la puerta de acceso cultural a un pensar y vivir no-lineales. Sin ambages, la juventud de una persona, comunidad o sociedad atraviesa hoy en día transversalmente por el tipo de tecnología de que dispone, al que tiene acceso y que maneja. Más radicalmente, la calidad de vida de alguien es directamente proporcional al conocimiento y manejo de la mejor tecnología de punta.

En consecuencia, es fundamental reconocer aquí que la formación o educación en ciencias de la complejidad ni consiste ni debe reducirse a una jerga (autoorganización, emergencia, no-linealidad, redes complejas, y tantos otros términos y conceptos). Es evidente que toda nueva educación atraviesa por la apropiación de un nuevo lenguaje, de nuevos conceptos, nuevas metáforas – todos los cuales nos ayudan literalmente, a ver nuevas realidades-. Lo que sea la realidad se anuncia para el ser humano, que es un ser social, a través del lenguaje; aunque no se reduzca a él.

Más exactamente, por el contrario, lo que quiero significar aquí es que la formación y la educación en complejidad consisten en una auténtica visión y transformación cultural en el sentido más amplio y generoso de la palabra, lo cual permite

⁸Quisiera decirlo más directamente. No hay que ser un fanático de la computación (lo que en inglés se llama tech-freak, o tech-geek) ni tampoco hay que ser ingeniero y saber de ingeniería para estar (existencialmente) involucrados con las ciencias de la computación y con los sistemas computacionales. Por el contrario, se trata, cabe insistir, de un fenómeno cultural. La mejor tecnología contemporánea atraviesa por los temas, problemas, retos y posibilidades de la computación.

perfectamente evitar la instrumentalización de la complejidad. Educar en complejidad, por tanto, es bastante más que trabajar autores, líneas de trabajo, y participar en redes nacionales o internacionales.

Ahora bien, dado que las ciencias de la complejidad son ciencia como síntesis el trabajo con complejidad permite y exige, por definición, la capacidad de que el mundo, la sociedad, la realidad o la naturaleza –como se prefiera-, debe ser susceptible de “caber en la mente” de los individuos. Esto exactamente es lo que, para decirlo en términos populares, significa la inter, trans y multidisciplinariedad. Esto es, dejar de pensar en términos disciplinarios. Los complejólogos indisciplinamos el conocimiento, indisciplinamos la sociedad, indisciplinamos las instituciones. Esto es, no pensamos ni vivimos en términos fragmentarios, e incluso, muy radicalmente, no somos disciplinados en el sentido de Foucault (por ejemplo en *Vigilar y Castigar*, o en el primer tomo de la *Historia de la sexualidad*).

En otro lugar he argumentado en el sentido de que las ciencias de la complejidad comportan una capacidad de síntesis, y que históricamente, este no haya sido el único momento en el que ello ha sucedido en la historia de la humanidad. Por el contrario, en los grandes jalones civilizatorios de la humanidad, el pensar como síntesis, el vivir como síntesis ha sido el modo mismo de la existencia (Maldonado, 2014d).

Una última observación en esta sección. El trabajo con complejidad consiste exactamente en el trabajo no con temas, campos, objetos o áreas, sino, de forma más precisa, el trabajo con problemas, y la distinción entre los tipos de problemas. En lo que acaso podría denominarse como la columna vertebral de las ciencias de la complejidad, hay que decir –de manera genérica- que en complejidad, en matemáticas, en lógica y en ciencias de la computación, este tema se denomina técnicamente como los problemas P versus NP (Carlson, *et al.*, 2006; Fortnow, 2013).

Esto significa que no es suficiente con identificar, trabajar con y tratar de resolver problemas. Asimismo, tampoco son suficientes las diferentes comprensiones sobre la heurística en el tratamiento de un problema o en el desarrollo de una ciencia o disciplina.

Los problemas P versus NP comportan temas, problemas y consideraciones relativas a la decibilidad o indecibilidad de los problemas, la complejidad computacional de un problema, la posibilidad y necesidad de la computación cuántica y no en última instancia de la hipercomputación. Me he ocupado de estos temas en otros lugares (Maldonado, 2015; 2013). Quiero, sí, señalar que los temas y problemas de complejidad computacional conducen directamente a la importancia de las metaheurísticas (Talbi, 2009). Esto quiere decir, el trabajo con conjuntos de problemas en términos de los espacios de solución. Una buena formación en ciencias de la complejidad consiste en el conocimiento de estos temas, y el trabajo a través de los mismos.

2-. ¿Cómo se aprende en las ciencias de la complejidad?

Es un truismo, pero vale recordar que enseñar no garantiza en absoluto que haya aprendizaje. En cualquier caso, el santo grial de la educación –formal o informal, tradicional o revolucionaria- consiste en el aprendizaje. Pues bien, como es sabido, sólo se aprende de adentro hacia adentro, y jamás de afuera hacia adentro. El aprendizaje implica una transformación por parte de quien aprende. A ello se refería la *paideia* griega tanto como el aprendizaje chamánico, y a ello también se refieren las distintas filosofías de la educación y la pedagogía en general.

Sin embargo, en absoluto es lo mismo aprender un saber circulante y hegemónico, que una nueva estructura de racionalidad, nuevos lenguajes, nuevas visiones, herramientas y formas de acción sobre el mundo. Las discusiones acerca de cómo emergió la conciencia griega en el tránsito del período arcaico hacia el período clásico ha sido un tema sempiterno entre científicos y estudiosos. Lo mismo puede decirse, sin dificultad, con respecto a la primera revolución científica en la modernidad, o incluso antes con respecto al Renacimiento. En todos los casos, no existe una única respuesta, y ninguna es concluyente o conclusiva. La metáfora de una “constelación” de factores es afortunada, pero dista mucho de un concepto.

Pues bien, el primer aprendizaje consiste en aprender un nuevo, en rigor, nuevos lenguajes: conceptos, categorías, lógicas y tropos.

Las ciencias de la complejidad, quisiera sugerirlo de entrada, se aprenden pensando en redes, de manera nodal, o en términos de relaciones y clases de relaciones (aquello que en lógica, por ejemplo, se conoce como lógicas de primer orden, lógicas de segundo orden, lógicas de orden superior, y así sucesivamente).

En efecto, desde Haken hasta la Escuela de Palo Alto, desde los primeros institutos creados en el mundo sobre complejidad y posteriormente hasta la fecha, ha quedado claro que aprendemos a pensar en términos de complejidad cuando superamos una visión agregacionista o sumatoria, tanto como cualquier visión analítica, y cuando comenzamos a comprender que todas las cosas están relacionadas de múltiples maneras con tantas otras, y de acuerdo con una variedad de modos de relación, no siempre los mismos.

Sin embargo, existe otro elemento más sutil en el aprendizaje de la complejidad. Se trata de entender que, por primera vez desde la modernidad, el tiempo no es una variable, sino que, por el contrario, el tiempo son las cosas mismas, y que la flecha del tiempo comporta un proceso de complejización, por decir lo menos, en el sentido de la flecha del tiempo cosmológica, termodinámica y psicológica. De acuerdo con la primera, la entropía cumple un papel creativo; según la segunda asistimos a un proceso de complejización *creciente*; y en acuerdo con la tercera, podemos distinguir cualitativamente el pasado del futuro. En otras palabras, pensar la complejidad significa pensar en el tiempo y en grandes escalas de tiempo. La contribución aquí de la teoría de la evolución es significativa. Mejor aún, he sostenido que pensar en

complejidad equivale exactamente a pensar en términos evolutivos, y la evolución acontece a largo plazo a la vez que incorpora aleatoriedad y azar.

En consonancia con lo anterior, y avanzando un paso más, es fundamental reconocer que el aprendizaje de la complejidad consiste exactamente en pensar, antes que en estados, en *procesos*. En términos puntuales, las ciencias de la complejidad constituyen y conduce a la vez a una teoría fundamental de *procesos*. La historia de la humanidad occidental jamás se ha acercado tanto gracias al estudio de la complejidad al devenir heraclíteo. No en vano, uno de los autores fundamentales de las ciencias de la complejidad, I. Prigogine, concibe a la termodinámica del no-equilibrio como una física del devenir. De manera puntual, aprender la complejidad significa dejar de pensar en “estados” y pensar en procesos. Pues bien, una manera de traducir la idea de procesos es mediante redes: grafos e hipergrafos, fenómenos de percolación, cascadas de errores, por ejemplo.

Las dos teorías verdaderamente duras, fundamentales de toda la cultura contemporánea son, sin lugar a dudas, la teoría de la evolución y la teoría o la física cuántica. La primera constituye el punto arquimédico de toda la civilización actual en curso, y la segunda tiene de fundamental que es la primera vez en la historia de la humanidad occidental que dejamos de pensar en términos de sistemas continuos y comenzamos a aprender en términos de sistemas discretos. De manera puntual: todas las matemáticas de punta en el mundo actual son matemáticas de sistemas discretos, y todo ello comienza en agosto del año 1900 y se proyecta a través de la primera revolución cuántica (1900-1934) y luego de la segunda revolución cuántica (1954-hasta la fecha). Huelga decir de todas las teorías científicas la más testada, la más verificada, aquella inclusive con la mayor capacidad predictiva jamás desarrollada es la teoría cuántica. De consuno, la física cuántica se encuentra en la base de todas las tecnologías actuales.

Existe, sin embargo, un tercer factor sobre el cual la comunidad de complejólogos, aficionados o consumados, no se ha detenido a considerar. Se trata de la importancia de las lógicas no-clásicas. Quiero defender la tesis de que aprender la complejidad es una sola y misma cosa –aunque no la única– con aprender las lógicas no-clásicas: lógica del tiempo, lógica epistémica, lógica modal y multimodal, la lógica de contrafácticos, la lógica libre, la lógica de la relevancia, las lógicas paraconsistentes, la lógica difusa y las lógicas polivalentes, la lógica intuicionista, la lógica dinámica, entre otras. Se trata de una arena perfectamente viva y en constante crecimiento. He llamado la atención por primera vez sobre esta relación en otro lugar (Maldonado, 2014c). Aquí vale señalar su importancia para el aprendizaje de la complejidad. Un tema perfectamente novedoso.

Como se aprecia, el foco aquí no atiende a los contenidos del aprendizaje, sino al modo o los modos del mismo. Pero como en toda ciencia de punta es preciso estudiar mucho y leer constantemente, y dadas las estructuras de información y comunicación actuales, mediante la participación activa en redes de complejidad.

El aprendizaje de las ciencias de la complejidad tiene, aunque parezca trivial, la condición de reconocer que se trata de ciencias en el sentido más preciso de la palabra y que los griegos, por ejemplo, designaban como *episteme*. (En la Grecia antigua “episteme” configura una categoría más amplia y sólida que la “filosofía” o la “ciencia” (*mathematika*, o *physika*)).

En consecuencia, hay que decir que también las ciencias de la complejidad son formales en el sentido preciso de que se trata del rigor sintáctico, semántico, epistemológico, lógico, y que dicho rigor se hace tanto más complicado y sensible a la vez por cuanto en nuestro caso se trata de ciencias—en plural—, disciplinas, y así sucesivamente.

Un investigador (García, 2006) sostenía en alguna ocasión que el método de la complejidad es la interdisciplinariedad. Si ello es así, la dificultad de aprender las ciencias de la complejidad estriba en la dificultad de aprender y además cruzar física y biología, filosofía y matemáticas, sociología y política, química e historia, lógica y antropología, psicología y arte, estética e historia del arte, y varios más. Literalmente, pensar en complejidad es un pensar sintético, y ello no significa —en absoluto— “saber de todo un poquito”, sino lograr situarnos en la frontera del conocimiento. Con el reconocimiento explícito de que en el caso de las ciencias de la complejidad se trata de ciencias y disciplinas de frontera que se implican, se entrelazan, aprenden unas de otras. A la complejidad del mundo y la naturaleza le corresponde como contrapartida la complejidad del conocimiento.

Ahora bien, es preciso observar que el singular que se acaba de emplear con respecto a cada una de las ciencias mencionadas es simplemente indicativo. Pues en realidad, la vitalidad del conocimiento actual es de tal magnitud que, de hecho (*as a matter of fact*) incluso en complejidad existen avances significativos en numerosos dominios, pero casi en todos de orden eminentemente minimalista, o técnico. Tal es la complejidad misma de las ciencias actuales.

Así las cosas, el aprendizaje de la complejidad implica necesariamente, por lo menos, una información de los procesos, dinámicas, estados, tendencias, dificultades y cruces de lo *mejor* de la ciencia de frontera alrededor del mundo. Estas circunstancias son las que explican fácilmente por qué en la gran familia de “complejidad” otros enfoques son más populares, fáciles, dúctiles tales como la dinámica de sistemas, el pensamiento sistémico y varios otros. La epistemología se queda en todos estos otros miembros de la gran familia de complejidad habitualmente como un discurso, y aún prevalece la idea, errónea, según la cual existen métodos cuantitativos y métodos cualitativos, y a lo sumo mixtos o híbridos, y otras afirmaciones semejantes.

La ciencia en general tiene esa dificultad: que en ella no se puede pensar lo que ya se ha pensado, no se puede descubrir lo que ya ha sido descubierto, y no se puede inventar lo que ya ha sido inventado. En este sentido, es altamente difícil hacer ciencia. *À la lettre*, en ciencia no hay medalla de bronce o de plata: sólo medalla de oro. Una idea social, cultural y humanamente molesta. Ello, supuesto el hecho de

que la ciencia demanda de entrada tanto como que faculta un pensamiento crítico, de debate, confrontación, argumentación y contra-pruebas.

Aprendemos la complejidad cuando somos capaces de lograr el tránsito del análisis a la capacidad de pensar en términos de síntesis. Existen aquí varias vías, pero la mayoría de ellas no garantiza el acceso a la complejidad propiamente dicha.

Pensar en síntesis significa no solamente cruzar campos, terrenos, tradiciones y problemas, no únicamente trabajar en términos de problemas de frontera, desde luego incorporar la inter, trans, y multidisciplinariedad, más allá de las distinciones o relaciones que se quiera establecer entre ellas. Pero es que pensar en síntesis equivale exactamente a:

- 1) Al mismo tiempo que se conoce y se domina la historia del conocimiento en general, situarse en la ciencia de punta. Algo que se dice fácilmente pero que es difícil de alcanzar;
- 2) Aprender a pensar en función de homologías, isomorfismos, homeomorfismos, con seguridad también en morfologías, y en procesos, flujos, series largas de tiempo, al mismo tiempo que en la aleatoriedad y el azar. Esta es, una vez más, una idea que puede convertirse fácilmente en consigna pero que es, a la fecha, difícil de lograr (aún).

Quisiera decirlo de manera puntual. El marco –un concepto que debe ser tomado aquí en sentido amplio, y en absoluto como una condición rígida-, es la posibilidad de pensar en matemáticas y teoría de conjuntos en toda la extensión de la palabra, en topología y matemáticas de sistemas discretos, y así mismo en y con las lógicas no-clásicas. No es este el lugar de ampliar y justificar cada uno de estos dominios. Pero lo que sí es cierto –particularmente para un *connoisseur*- de las ciencias de la complejidad- es que es imposible pensar rigurosamente las dinámicas, procesos y estructuras de complejidad creciente *sin* estas “herramientas”. Todo lo demás es jerga y lenguaje (por ejemplo en el sentido preciso que sobre el lenguaje designa Maturana). Que es lo que de lejos, más abunda entre las comunidades y grupos de pensamiento complejo, pensamiento sistémico, transdisciplinariedad y otros campos próximos y afines.

3-. ¿Cómo se investiga en las ciencias de la complejidad?

Quisiera ahora abordar un tema sensible y difícil. El punto de partida radica en que en general es imposible enseñar a investigar, no se puede ni se debe enseñar a investigar. A investigar se aprende. Y hoy por hoy se aprende en comunidades de investigación; propiamente hablando, ni siquiera en comunidades de enseñanza o académicas. Kuhnianamente hablando lo que se encuentra aquí implícito es la distinción –jamás necesariamente la oposición- entre comunidad académica y comunidad científica.

Ahora bien, la investigación consiste, hoy por hoy, exactamente en productos (productos de investigación), y de manera radical por la capacidad de producir nuevos conceptos, nuevos métodos, nuevos enfoques, nuevos productos y servicios, en fin, nuevos modelos y teorías, por ejemplo.

Hacer ciencia en general es una empresa extremadamente difícil por una razón que, coloquialmente hablando, radica en el hecho de que en ciencia, en el mejor y más prestante sentido de la palabra, sólo existe medalla de oro; no medallas de plata o bronce, para hacer la analogía con los juegos olímpicos.

En efecto, en ciencia:

- a) Es imposible descubrir lo que ya se ha descubierto;
- b) Es imposible inventar lo que ya ha sido inventado; Y más extremadamente,
- c) Es imposible pensar lo que ya ha sido pensado.

Mientras que los dos primeros aspectos pueden entenderse e ilustrarse fácilmente, el tercero requiere quizás –particularmente entre las ciencias sociales y humanas-, una precisión más puntual. Es imposible pensar, por ejemplo, el concepto de “espíritu absoluto” (pues ya lo hizo así Hegel), el método etnográfico pues ya Müller y Schlözer crearon la etnografía, a pesar de las contribuciones significativas de Malinowski, Evans-Pritchard o Bordieu, por ejemplo. Es imposible pensar desde cero la investigación acción-participativa pues ya Lewin sentó las primeras bases, sobre cuyos pilares Reason, Fals-Borda o Freire han hecho contribuciones. Y así sucesivamente.

Pues bien, en ciencias de la complejidad se investiga acorde a los espíritus y modos de los tiempos y las comunidades que, espontáneamente, han venido investigando de manera importante en este conjunto de ciencias. Investigamos aquí en comunidades abiertas –simbólica y literalmente hablando-, en discusiones abiertas, a veces cordiales y en ocasiones agudas, en participación y exposición de las ideas propias ante comunidades cada vez más calificadas.

Quisiera aquí mencionar una experiencia cultural al respecto. En el medio anglosajón existe habitualmente la figura *authorsmeet critiques*, y que consiste en la exposición de las ideas propias –y sus productos-, ante una comunidad calificada como una *condición* de validación y fortalecimiento, de retroalimentación e instrucción, en fin, de socialización y ampliación de ideas, argumentos y demás, mediante los cuales, entonces, al cabo, el o los productos compartidos por un autor adquiere solidez mayor. De forma genérica digamos: ningún producto que entra a un seminario es un producto acabado; pero todo producto que sale de un seminario puede ser considerado un producto acabado. La buena ciencia es concomitante con la democracia en el más fuerte de los sentidos.

Hacer ciencia exige de entrada, y supone en el proceso debate, confrontación de ideas, diálogo, espíritu abierto y es, absolutamente, la antípoda del dogmatismo en

cualquier sentido. La formación en investigación científica es una transformación del investigador como de sí mismo (a).

La investigación en ciencias de la complejidad pasa por el conocimiento de las mejores herramientas de diversa índole disponibles para los académicos e investigadores. Nadie puede permitirse, hoy por hoy, desconocer lo mejor de la revolución científica y tecnológica en curso, lo cual, a su vez, debe ser adecuadamente comprendido, pues las propias artes atraviesan por dinámicas culturales semejantes.

Quisiera decirlo de manera puntual y radical. Sin desconocer, en manera alguna, la importancia y el impacto de la innovación incremental, aquella que interesa definitivamente a la comunidad de investigadores –esto es, a aquellos con un claro sentido social y cultural, político e histórico de sus actividades–, es la innovación radical. Como es sabido desde la ingeniería industrial y la administración, desde las políticas públicas y sociales, o desde los estudios sociales y culturales sobre ciencia y tecnología, por ejemplo, la innovación radical se define por la introducción, por primera vez en el mundo, de un concepto, método, servicio, bien, o descubrimiento. Aunque parezca contradictorio, en el sentido al mismo tiempo más fuerte pero amplio de la palabra.

La endogamia es también aquí una práctica indeseable, y cada vez se reconoce las veleidades e inutilidad, las trampas e incluso los sistemas de corrupción intelectual que la acompañan y la hacen posible. Precisamente por ello la verdadera investigación exige atravesar fronteras ignotas, experiencias desafiantes, retos que implican auténtico aprendizaje.

Existe una dificultad –de la cual no están exentas consideraciones de tipo cultural, social y político– acerca de la investigación en ciencias de la complejidad. Si bien ha sido reconocido hace tiempo la utilidad del inglés como *lingua franca* de la ciencia, la verdad es que en ciencias de la complejidad, de facto, la mejor bibliografía, las mejores redes de cooperación académica y los mejores canales de expresión y divulgación son, a la fecha, en inglés. (Existe aquí un notable contraste con respecto al pensamiento complejo, que existe en el mundo casi exclusivamente en español).

Este reconocimiento no debe ser adoptado como una circunstancia que sucede sin más, y tampoco, es claro, de manera acrítica. Pero lo cierto es que quienes quieran investigar en ciencias de la complejidad deben atravesar, por así decirlo, por un buen conocimiento, por lo menos, del idioma inglés. Si ello es así, lo que salta entonces inmediatamente a la vista es la importancia de un problema magnífico, a saber: la interculturalidad. Difícilmente puede hablarse de interculturalidad al interior de una misma comunidad de lengua, habla o idioma. El tema del multilingüismo, que emerge, sin dificultad, en el horizonte inmediato de estas consideraciones implica, conjuntamente con la interculturalidad la ampliación de los horizontes históricos y de experiencia. Un asunto de alto calibre.

El multilingüismo es, a decir verdad, uno de los polos a tierra de cualquier consideración acerca de un mundo globalizado, crecientemente interdependiente, con sensibilidades a diferentes escalas, en fin, un mundo diferente de suma de cero. Esta idea merece un espacio propio que puede ser el objeto de otras reflexiones aparte que aquí, por lo pronto, deben quedar simplemente señaladas.

He defendido en otro lugar la idea de que las ciencias de la complejidad son las ciencias de la sociedad del conocimiento. Si ello es así, debemos estar a la altura de los retos y las posibilidades, de las demandas y los desafíos, de las exigencias y los aprendizajes que, en toda la línea de la palabra, la sociedad de la información, primero, y luego también la sociedad del conocimiento, plantean ante quienes se dan, sincera y denodadamente a la tarea de investigar; aquí, específicamente, por lo pronto, en investigar con, alrededor de, y acerca de las ciencias de la complejidad.

Como se aprecia sin dificultad, asistimos, en toda la línea de la palabra, a una revolución científica, esto es, por consiguiente, una revolución social, cultural, estructural e histórica. Podemos, así, dirigir la mirada en esta otra dirección.

4-. Breve reflexión sobre ciencia, sociedad y cultura

Digámoslo de manera directa: las ciencias de la complejidad están lejos de ser una moda intelectual, y su fortaleza estriba en el hecho de que han aportado y continúan haciéndolo, magníficos resultados a numerosos problemas. Podría citar desde prestigiosos centros, tanques de pensamiento e institutos de investigación, hasta el muy reciente premio Nobel de química del año 2013 concedido por el estudio de los modelos multiescala de sistemas complejos a los profesores M. Karplus (Universidad de Estrasburgo y Harvard), M. Levitt (Universidad de Stanford) y A. Warshel (Universidad del Sur de California). Pero no es mi interés aquí el de hacer una apología de las ciencias de la complejidad.

Lo que es evidente es que se trata, aquí, del grupo de ciencias, disciplinas, enfoques, metodologías y teorías que al mismo tiempo que aprovechan los mejores desarrollos culturales que la ciencia y la tecnología ofrecen al mundo contemporáneo, contribuyen activamente al desarrollo de los mismos. Es, para decirlo en una palabra: ciencia con cultura – en toda la acepción de la palabra.

Cabe volver aquí sobre tres expresiones de esta idea: las matemáticas de punta – que son estrictamente matemáticas de sistemas discretos-, las lógicas de frontera –que son las lógicas no-clásicas en ocasiones también conocidas como lógicas filosóficas-, y el trabajo con modelamiento y simulación –que implica el trabajo con y la tematización y cuestionamiento de las ciencias de la computación y el papel del computador en nuestros días y entorno-. Se trata de tres aspectos estrechamente relacionados y que sin, ambages, conforman un solo conjunto, a saber, ese conjunto que contribuye a *pensar* el mundo, la naturaleza y la sociedad –y no simplemente a conocerlos-.

En efecto, quisiera sugerir la idea de que la mejor contribución que en general la ciencia puede hacer al mundo y a la sociedad radica no simplemente en permitirnos comprender y explicar los fenómenos –una afirmación que estrictamente termina siendo trivial-, cuanto que además y fundamentalmente permitirnos *pensar*: pensar nuestro lugar en la economía del universo, pensar las posibilidades de tiempo y el espacio, pensar la posibilidad de abrir sistemas cerrados o ampliar los grados de libertad de un fenómeno determinado, por ejemplo. Lo cual no es poco, pues en este sentido, se trata de un pensar que involucra, por definición, la corporeidad y la existencia misma (en notable contraste con la ciencia clásica y moderna). Al fin y al cabo, una ciencia o una teoría que enriquece la existencia no es aquella que descansa en datos o en explicaciones formales de tal o cual índole, sino, aquella que permite un entrelazamiento entre planos, marcos, momentos y perspectivas diferentes que anteriormente aparecían como disyuntas.

La cultura es manifiestamente conservadora; esta es una idea que ya es un lugar común entre antropólogos –la antropología, clásicamente llamada como la “ciencia de la cultura” (M. Harris)- y entre varios otros científicos sociales. Frente al carácter conservador de la cultura lo que emerge ante la mirada sensible es la posibilidad de pensar otras culturas –en plural-, y más radicalmente, otra civilización posible emergente en el horizonte. Esta es quizás la idea más radical que brota del núcleo de las ciencias de la complejidad.

En verdad, asistimos a la alborada de una nueva civilización, diferente de la civilización occidental que ha prevalecido durante los últimos 2500 años. Se trata de una civilización que a la vez que re-aprende lo mejor de las culturas y civilizaciones amerindias –prehispanicas- inventa nuevas prácticas y saberes. Pero al mismo tiempo, es aquella que incorpora lo mejor del conocimiento y la ciencia – en sentido amplio e incluyente-. Es aquí donde, creo, las ciencias de la complejidad tienen su mejor oportunidad.

Conclusiones

La buena ciencia de punta actual no tiene *objeto* alguno, ni campo, lenguaje, métodos propios, o se inscribe a una tradición determinada. Por el contrario, los científicos de punta hoy trabajan con *problemas*. Pues bien, son problemas de frontera los que han dado lugar a ciencias de frontera o también ciencias como síntesis.

He querido señalar de manera clara y precisa los elementos más distintivos de lo que significan las ciencias de la complejidad y lo que significan las mismas en los contextos de educación e investigación. Muy exactamente, quiero sostener la idea según la cual los elementos señalados en este texto son aquellos que al mismo tiempo que caracterizan a las ciencias de la complejidad son aquellos sin los cuales no es efectivamente posible una educación y una investigación en el sentido de las ciencias de la complejidad.

Esta reflexión tiene una dificultad, a saber, que es bastante más pertinente para quienes tienen ya algún conocimiento sólido en las ciencias de la complejidad que para quienes recién se están enterando sobre ellas o para quienes tienen solamente una información general. Por esta razón, este texto presupone el conocimiento del panorama, rico y sugestivo, de las ciencias de la complejidad y que remite en todos los casos a aspectos bastante más técnicos en muchos sentidos y direcciones. Aquí, por lo pronto, tres problemas fundamentales han sido considerados que contribuyen a un tema grueso que unifica a las tres consideraciones: la educación, el aprendizaje y la investigación. Se trata de la elucidación de qué clase de ciencias son las ciencias de la complejidad. Espero haber aportado algunos elementos luminosos y refrescantes al respecto.

Referencias

- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Carlson, J., Jaffe, A. and Wiles, A. (Eds.) (2006). *The Millenium Problems*. Cambridge, MA: The Clay Institute of Mathematics - The American Mathematical Society.
- Castellani, B. and Hafferty, F. (2009). *Sociology and Complexity Science: A New Field of Inquiry*. Berlin: Springer Verlag.
- Davis, B. and Sumara, D. (2006). *Complexity and Education. Inquiries into Learning, Teaching, and Research*. Mahwah, NJ/London: Lawrence Erlbaum Associates, Publ.
- Fortnow, L. (2013). *The Golden Ticket: P, NP, and the Search for the Impossible*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método, y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- McCabe, V. (2014). *Coming to our Senses. Perceiving Complexity to Avoid Catastrophes*. Oxford: Oxford University Press.
- Maldonado, C. E. (2014a). “¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad?” En: *Intersticios Sociales*, El Colegio de Jalisco, Año 4, No. 7, págs. 1-23, ISSN 2007-4964; <http://www.intersticiosociales.com>
- Maldonado, C. E. (2014b). “Reflexión sobre las consecuencias políticas de la complejidad”, en: *Revista Alpha*, No. 38, (Junio-Diciembre) pp. 197-214.
- Maldonado, C. E. (2014c). “Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas”, en: *Los enfoques de complejidad desde América Latina*. Buenos

Aires: Comunidad de Pensamiento Complejo (Rodríguez-Zoya, L., coord.),
(en proceso de publicación).

Maldonado, C. E. (2014d). "Pensar la complejidad: ¿Cómo es eso?" Ponencia presentada en: VI Congreso Internacional de Transdisciplinariedad, Educación y Ecoformación y Primer Congreso Peruano de Complejidad", Lima, Octubre 26-28 (en proceso de publicación).

Maldonado, C. E., (2013) "Un problema fundamental en la investigación: los problemas P vs NP", en: *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, Vol. 4, No. 2, Enero-Junio 2013.

Maldonado, C. E. and Gómez-Cruz, N. (2015). "Biological Hypercomputation: A New Research Problem in Complexity Theory", en: *Complexity*, first on line (17 Abril) DOI: 10.1002/cplx.21535

Nussbaum, M. (2013). *Creating Capabilities: The Human Development Approach*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press.

Pagels, H. (1989). *Los sueños de la razón. El ordenador y los nuevos horizontes de las ciencias de la complejidad*. Barcelona: Paidós.

Talbi, E. (2009). *Metaheuristics: From Design to Implementation*. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons.