

## **Complejidad e incertidumbre: los científicos y la toma de decisiones**

Gabriel Ramos Fernández (ramosfer@alumni.upenn.edu)

Encuentro L@s Zapatistas y las ConCiencias para la Humanidad

San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 2 de enero del 2017

Buenas noches a todos. Trabajo en el Instituto Politécnico Nacional, haciendo investigación sobre ecología, comportamiento animal y estrategias de conservación de la biodiversidad.

Antes que nada, quiero agradecerle a los organizadores de este importante evento por la invitación y a los compañeros zapatistas por el interés en escuchar lo que tenemos que decir los científicos. A lo largo del encuentro he escuchado sus preguntas, he tratado de responder algunas de ellas y me he dado cuenta de que los científicos tenemos mucho que aprender de ustedes, de la manera en que nos han convocado y cuestionado. Por eso saludo la invitación, porque creo que este puede ser el inicio de un diálogo en el que podamos compartir nuestras visiones y aprender los unos de los otros.

En esta reflexión intentaré poner sobre la mesa un tema que creo que es crucial para establecer un diálogo constructivo entre ciencia y sociedad, en general, y entre los científicos aquí presentes y las comunidades zapatistas, en particular. Se trata de una postura crítica por parte del científico en relación con la incertidumbre en sus propias investigaciones y un llamado a la transparencia por parte de quienes participan en un proceso de toma de decisiones, incluyendo al científico. La parte medular de esta reflexión es el trabajo de Silvio Funtowicz y Jerome Ravetz, epistemólogos y matemáticos que escribieron a finales de los 90s una serie de artículos recogidos en el libro “La ciencia posnormal”<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Funtowicz S.O. y J.R. Ravetz (2000) La ciencia posnormal: ciencia con la gente. Icaria Antrazyt, Barcelona.

Muchos de los problemas que enfrenta la humanidad actualmente, como la pérdida de la biodiversidad, las enfermedades emergentes, la contaminación ambiental o la desigualdad económica, ocurren en sistemas complejos. Estos son sistemas con múltiples relaciones entre elementos de diversos tipos, que son difíciles incluso de definir dado que tienen estructura a diferentes escalas, y cuyo comportamiento es difícil de predecir debido a la dinámica que presentan. En el último día del encuentro, antes del receso de fin de año, algunos de nosotros asistimos a la excelente plática de divulgación de Ivette Perfecto, sobre la complejidad ecológica de un cafetal de sombra. Expuso las intrincadas relaciones que existen entre diferentes insectos que afectan a las plantas del café, ya sea como plagas o alimentándose de estas plagas. En estos ecosistemas, una misma especie puede tener un efecto positivo y negativo sobre otra especie, dependiendo de los intermediarios. Estas relaciones limitan la capacidad de los ecólogos, en este caso, para entender y predecir de forma certera lo que pasaría si se elimina una especie o si se cultivan las plantas de café de otra manera. Enfoques reduccionistas, como eliminar directamente una plaga mediante un insecticida, pueden tener efectos inesperados precisamente por lo intrincado de las relaciones que conforman el ecosistema.

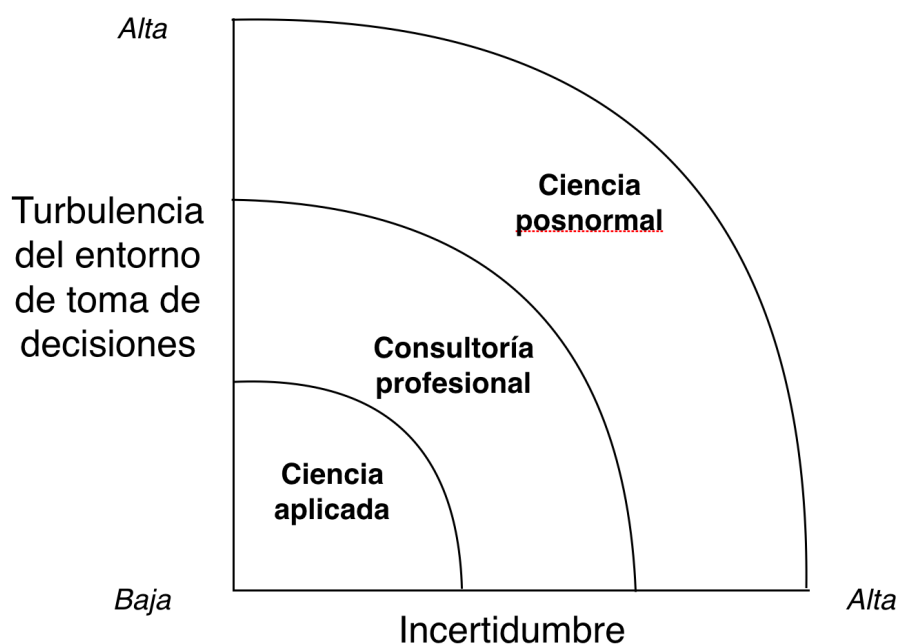
Una característica fundamental de los sistemas complejos es que son, hasta cierto punto, impredecibles. Podemos entender un sistema de la mejor forma posible y sin embargo, este entendimiento siempre llevará un grado de incertidumbre. De hecho, en los sistemas con comportamiento caótico, como los osciladores de los que la misma Ivette Perfecto nos hablaba el viernes pasado, hay un grado irreductible de incertidumbre dado que un mismo sistema en dos condiciones prácticamente idénticas puede desarrollar comportamientos radicalmente distintos, debido a la sensibilidad a las condiciones iniciales. Tenemos entonces que para muchos sistemas de estudio, los científicos no pueden hacer predicciones completamente certeras sino sólo acercarse, con diferentes grados de certidumbre, a una explicación parcial del fenómeno y a una predicción más o

menos exacta acerca de su comportamiento futuro. No es que los científicos no puedan producir verdades “absolutas” (esta discusión se la podemos dejar a los filósofos de la ciencia), sino que en algunos casos no pueden hacer predicciones ni emitir recomendaciones completamente certeras.

Por otro lado, muchos de los problemas que enfrenta la humanidad requieren soluciones urgentes. El cambio climático, la contaminación ambiental, el uso de organismos genéticamente modificados o transgénicos, son problemas acuciantes que requieren decisiones a diferentes niveles: en términos de acuerdos internacionales, políticas públicas a nivel nacional o de estrategias de manejo a nivel local y comunitario. Si no se toman decisiones pronto sobre la adaptación al cambio climático, por ejemplo, se podrían dar efectos irreversibles como la pérdida de especies o ecosistemas completos, o la desaparición de zonas costeras, la desertificación de áreas que ahora son fértiles, etc. De igual forma, una comunidad debe tomar decisiones sobre el uso de tecnologías como los transgénicos, antes de que la inercia del mercado y los aparentes beneficios empujen a sus miembros a adoptarlos sin conocer las implicaciones ecológicas y económicas de largo plazo.

En muchos de estos problemas, existen visiones encontradas entre diferentes participantes del debate. Están las empresas contaminantes, el gobierno que debe implementar regulaciones y los dueños de las tierras boscosas que capturan carbono y disminuyen el calentamiento global. Están los empresarios que fabrican transgénicos, los agricultores que pueden adoptar estas tecnologías o ver contaminados sus cultivos con la adopción que hagan sus vecinos, y los consumidores de los productos agrícolas que deben decidir de forma informada lo que consumen.

A este entorno de toma de decisiones urgentes y con valores en disputa, Funtowicz y Ravetz lo llaman un entorno “turbulento”.



En esta figura, tomada de su libro, mediante diferentes combinaciones de turbulencia e incertidumbre estos autores definen el tipo de ciencia que se practica para resolver problemas de importancia para la sociedad: cuando la turbulencia es baja (con poca urgencia y pocos valores en disputa) y la incertidumbre también, tenemos a la ciencia aplicada. Ahí el científico simplemente utiliza conocimientos bien establecidos para desarrollar tecnología, por ejemplo, con un mínimo de factores desconocidos o fuera de control. Cuando ambas dimensiones son intermedias, tenemos la consultoría profesional, en donde se resuelven problemas medianamente urgentes pero con pocos valores en disputa, y con un cierto grado de incertidumbre. Aquí estaría, por ejemplo, el papel de un médico estableciendo un tratamiento para un paciente que tiene una enfermedad curable. Cuando tenemos un entorno de toma de decisiones turbulento (decisiones urgentes y sujetas a múltiples visiones) y además la ciencia disponible tiene un alto grado de incertidumbre, entonces tendremos lo que para Funtowicz y Ravetz es la ciencia posnormal. Es decir, una ciencia que está más allá de la visión normal de la ciencia según Kuhn<sup>2</sup>, en la que los avances científicos implican una acumulación

<sup>2</sup> Kuhn, T.S. 2013. La estructura de las revoluciones científicas. 4ª edición. Fondo de Cultura Económica, México, 404 pp.

gradual de conocimiento y de problemas no resueltos, hasta que se hace necesario una revolución científica y un cambio de paradigma. Este esquema epistemológico no es aplicable cuando se trata de resolver problemas que no pueden esperar a que se elimine la incertidumbre mediante un cambio de paradigma.

En estas condiciones posnormales, la incertidumbre inherente a la información científica puede utilizarse para sesgar las decisiones hacia uno u otro lado, dependiendo de los intereses de cada uno de los participantes en un debate. En otras palabras, si no se maneja adecuadamente la incertidumbre, la información que aporta el científico al debate pierde su valor e incluso puede aumentar la confusión entre los participantes. Para ser útil en estos debates, el científico debe hacer explícita la incertidumbre inherente a sus recomendaciones, así como transparentar su postura frente a los diferentes intereses en conflicto. Lo mismo deben hacer los demás participantes, de forma que la información científica se tome de la forma más objetiva posible, evitando utilizar la incertidumbre para favorecer a alguno de los participantes.

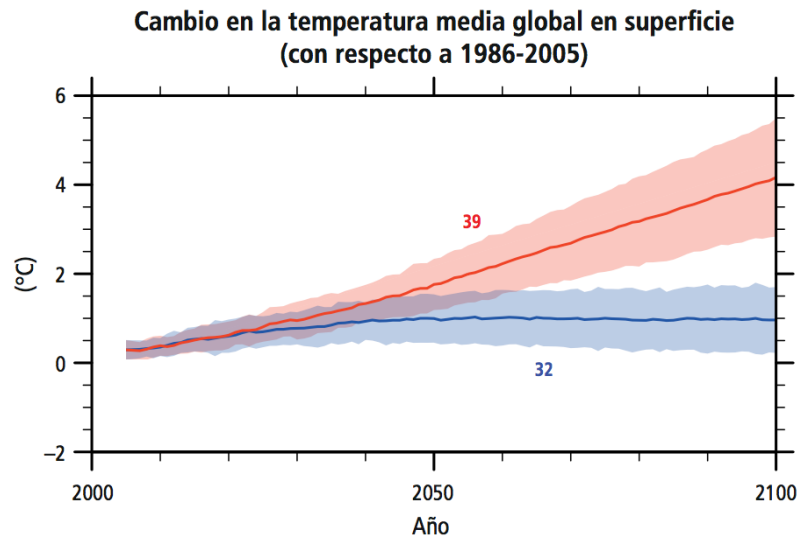
Daré ahora tres ejemplos de problemas que requieren resolverse mediante ciencia posnormal:

El primero es el cambio climático. La discusión sobre este fenómeno y sus causas son ejemplos muy claros de situaciones turbulentas (hay urgencia, múltiples valores en conflicto y además es mucho lo que está en juego). Aunado a esto, la información científica sobre el clima, un sistema complejo por excelencia, tiene un alto grado de incertidumbre.

Esta gráfica proviene del último reporte del panel internacional sobre cambio climático<sup>3</sup>, un grupo de expertos convocados por las Naciones Unidas para sintetizar la información

---

<sup>3</sup> Cambio climático. Informe de Síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM\\_es.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_es.pdf)



disponible sobre el cambio climático ya experimentado, sus causas y posibles escenarios futuros. La gráfica muestra la elevación en la temperatura que se espera ocurra de aquí al 2100, bajo un escenario de alta mitigación de las causas (línea azul) y otro escenario en el que las causas prácticamente continúan sin cambio (línea roja). Es decir, la línea roja es lo que ocurriría si no se toman medidas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, entre otras cosas, y la línea azul es lo que ocurriría si se toman las medidas más exigentes. Como pueden ver, los escenarios son muy diferentes entre sí, uno de ellos prediciendo un aumento de la temperatura media global para 2100 de entre 0.5 y 1.5 grados centígrados y el otro un aumento para la misma fecha de entre 3 y 5 grados.

De entrada, la información científica nos dice que es casi seguro que si no hacemos nada, la temperatura se elevará mucho más que si hacemos todo lo posible. Pero en ambos casos, noten que la predicción tiene un amplio margen de error (zona sombreada) alrededor de un promedio (que es la línea). Este margen de error corresponde, justamente, a la incertidumbre con la que se puede predecir el clima futuro, y es resultado de un conjunto de incertidumbres acumuladas en los modelos y supuestos que se hacen respecto al clima del planeta, su dinámica y el efecto de los gases de efecto invernadero. Es evidente que, de no manejarse adecuadamente, esta incertidumbre se

puede utilizar para desacreditar la información que proveen los científicos y argumentar, como de hecho muchos políticos estadounidenses hacen hoy en día, que el cambio climático ni siquiera existe. Si a esto le agregamos el interés de las compañías petroleras y demás industrias contaminantes por seguir emitiendo gases de efecto invernadero a la atmósfera, tendremos un entorno para la toma de decisiones bastante difícil para el científico y para la sociedad en general.

Un segundo ejemplo es el del debate en torno a la siembra de maíz transgénico y otros organismos genéticamente modificados. Existen incertidumbres importantes sobre el efecto que tiene la introducción de un gen sobre las características morfológicas o fisiológicas de una planta, sin controlar el sitio en el que se inserta dicho gen. También son inciertos los efectos de la liberación de estos genes en campo abierto, donde podrían afectar la variación genética de las demás variedades de maíz y finalmente, tampoco se puede afirmar de manera inequívoca cuáles y de qué manera estas plantas tienen un efecto sobre la salud de los consumidores. También en este caso existen valores distintos y fuertes intereses en disputa. Por tomar un ejemplo reciente, la semana pasada el New York Times publicó<sup>4</sup> que la academia nacional de ciencias de los Estados Unidos, que produce muchos reportes oficiales sobre el uso de estas tecnologías y sus riesgos potenciales, tiene un claro sesgo a favor de los organismos genéticamente modificados debido al conflicto de interés de muchos de sus miembros, que trabajan al mismo tiempo en universidades públicas como en la industria biotecnológica.

En relación con el maíz transgénico, el principio precautorio, que recomienda que cuando hay riesgos desconocidos de una tecnología se limite su uso hasta que se cuente con más evidencia, no necesariamente ha logrado que los interesados en introducir la tecnología demuestren esta ausencia de riesgos. Tampoco los científicos han hecho transparentes sus posturas en muchas ocasiones: la situación actual en relación con los

---

<sup>4</sup> New York Times, 27 de diciembre del 2016. <http://www.nytimes.com/2016/12/27/business/national-academies-biotechnology-conflicts.html>

permisos de siembra de maíz transgénico en México ejemplifica a la perfección cómo diferentes partes, científicos e instituciones regulatorias, hacen uso de diferentes estudios para apoyar sus posturas, sin que exista un debate abierto y una evaluación conjunta de la evidencia y su incertidumbre por parte de todos los interesados.

Un último ejemplo de problema científico posnormal son las llamadas enfermedades complejas como el cáncer, la diabetes o la obesidad. Si bien se han identificado factores genéticos que desencadenan estas enfermedades, existen múltiples factores sociales y ecológicos que modulan su desarrollo, haciendo muy difícil una predicción de las condiciones exactas que darán lugar a una enfermedad. Mucho menos pueden planearse adecuadamente la efectividad de un tratamiento o una estrategia de prevención. También en estos casos hay fuertes intereses en juego: por tomar una noticia reciente, la empresa farmacéutica Teva, de origen israelí, admitió haber pagado sobornos a médicos de hospitales públicos en México para que recetaran un medicamento suyo<sup>5</sup>. En problemas de salud, debería darse más importancia a la participación de los pacientes, que pueden tener una perspectiva diferente sobre su propia salud y los riesgos de un tratamiento determinado. Uno de los caminos para complementar la información médica en vista de la incertidumbre es crear comunidades de práctica que implementen estrategias de prevención mediante el conocimiento colectivo y el aprendizaje adaptativo. Esa es una recomendación concreta para la práctica de la salud en las comunidades autónomas.

Estas consideraciones tienen que ver con la respuesta a una de las preguntas que nos hicieron los compañeros zapatistas el primer día: *¿Cuáles son los principios éticos de la ciencia?* La participación transparente de los científicos en una consulta o un proceso de toma de decisiones es una postura ética, que requiere que el científico admita que en algunos casos no puede hacer recomendaciones completamente certeras. Además, esta postura ética implica que el científico debe revelar sus intereses y sus fuentes de

---

<sup>5</sup> Animal Político, 23 de diciembre del 2016. <http://www.animalpolitico.com/2016/12/teva-mexico-corrupcion-sobornos/>



financiamiento, de manera que en la discusión puedan evaluarse sus recomendaciones, así como el grado de incertidumbre que tiene sobre ellas, de manera completa. Por otro lado, los demás participantes en un proceso de toma de decisiones también tienen el compromiso ético de revelar sus intereses y sus fuentes de financiamiento, así como exigir lo mismo de los demás. De esta forma se enriquece y transparenta el debate y la evaluación de las recomendaciones del científico.

Lo que he expuesto también tiene que ver con otra pregunta de los compañeros: *¿Científicamente han estudiado que todos sus trabajos, como científicos que son, algún día benefician al pueblo?* Si, como he expuesto anteriormente, la visión de los científicos acerca de algunos problemas complejos es incompleta, por la alta incertidumbre inherente, entonces esta visión debe ser complementada con otras visiones, con otros saberes, que pueden enriquecer el conocimiento e incluso disminuir las incertidumbres. Así, el científico se vuelve un participante más en el proceso de toma de decisiones, lo cual lo vuelve más útil para la sociedad.

Cierro mi presentación con esta frase del físico Robbert Dijkgraaf<sup>6</sup>: “La ciencia se vuelve cada vez más un bien común. La historia nos muestra que sus productos no pueden ser capturados sólo por algunos, y que, al final, benefician a todos. Es bueno que exista una interfase dinámica entre ciencia y sociedad, donde la ciencia y los científicos se enriquezcan con el espíritu público.”

No me queda más que reiterar mi compromiso con este diálogo que apenas inicia, y ofrecerles mi entusiasta colaboración en las iniciativas que surjan de este encuentro.

Muchas gracias.

---

<sup>6</sup> Dijkgraaf R. (2016) Are There Barbarians at the Gates of Science? *Nautilus* 035, 28 de abril 2016. <http://nautil.us/issue/35/boundaries/are-there-barbarians-at-the-gates-of-science>