



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Paradigmas de conocimiento distribuido y participación: el programa hilbertiano de la Ciencia del Sistema Tierra

Autor: Ignacio Ayestarán Úriz

Institución: Universidad del País Vasco - Comisión Ejecutiva Confederal UGT
E-mail: aiestaran@hotmail.com



RESUMEN:

Los diversos problemas complejos del planeta requieren un concepto de conocimiento compartido, una cultura cognitiva de participación ampliada, que ha recibido diversas formulaciones desde la Cumbre de Río de Janeiro y la década de los años 90 del pasado siglo. El tipo de educación y formación necesarias para este reto supone lo que se denomina 'trans-ciencia' (Miller): cuestiones que pueden ser formuladas por los científicos pero que no pueden ser respondidas o solucionadas sólo por la ciencia (como en el caso del desarrollo sostenible). Son necesarios nuevos patrones y redes de distribución del conocimiento que superan los márgenes a los que se han confinado tradicionalmente la ciencia, la academia y la participación ciudadana. En este sentido, desde el año 2001, el propio ámbito de las metodologías científicas globales ha reclamado un cambio de paradigma de investigación que ha confluído en la llamada 'Ciencia del Sistema Tierra' (Earth System Science), donde se ha propuesto un nuevo 'programa hilbertiano' para el estudio integrador de nuestro planeta, en una visión transdisciplinar que supere las limitaciones analíticas, metodológicas, normativas y estratégicas. Este trabajo expondrá algunas de sus características más sobresalientes y deducirá algunas lecciones para la extensión de la educación por la sostenibilidad tanto en el conocimiento experto como en el conocimiento no-experto.



1- EL PARADIGMA DEL PROGRAMA HILBERTIANO DE LA CIENCIA DEL SISTEMA TIERRA

En el año 2001, delegados de más de 100 países que participan en los cuatro principales programas de investigación internacional sobre el cambio ambiental global hicieron suya la “Declaración de Ámsterdam”, que estableció formalmente la “Asociación de la Ciencia del Sistema Tierra” desde las bases para una segunda revolución copernicana (Clark, Crutzen y Schellnhuber 2004). Las comunidades científicas de los cuatro programas internacionales sobre el cambio global -International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), World Climate Research Programme (WCRP) y el programa internacional sobre diversidad biológica denominado DIVERSITAS- reconocieron en dicha declaración que, además de la amenaza del significativo cambio climático, hay una creciente preocupación por la cada vez mayor modificación humana del resto de aspectos del medio ambiente global y las consiguientes consecuencias para el bienestar humano. Los bienes y servicios básicos ofrecidos por el sistema de mantenimiento de la vida planetaria, tales como los alimentos, el agua, el aire limpio y un entorno propicio para la salud humana, cada vez están siendo más afectados por el cambio global.

La Declaración de Ámsterdam admitía que las investigaciones llevadas a cabo durante la última década, bajo los auspicios de los cuatro programas para hacer frente a estas preocupaciones, habían demostrado un consenso en torno a cinco puntos (Moore III, Underdal, Lemke y Loreau 2002):

1- *La Tierra se comporta como un sistema único y autorregulado, formado por componentes físicos, químicos, biológicos y humanos.* Las interacciones y retroalimentaciones entre las partes componentes son complejas y presentan una variabilidad temporal y espacial a nivel multi-escala. La comprensión de la dinámica natural del Sistema Tierra ha avanzado notablemente en los años recientes y brinda una profunda base para evaluar los efectos y las consecuencias del cambio impulsado por el ser humano.

2- *Las actividades humanas están influyendo significativamente en el ambiente de la Tierra de numerosas maneras, además de las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático.* Los cambios antropogénicos en la superficie, los océanos, las costas y la atmósfera de la Tierra, así como en la diversidad biológica, el ciclo del agua y los ciclos bioquímicos, son claramente identificables, más allá de la variabilidad natural. Son equiparables a algunas de las grandes fuerzas de la Naturaleza en su extensión e impacto. Muchos de esos cambios se están acelerando. El cambio global es real y se está produciendo *ahora*.

3- *El cambio global no puede ser entendido en términos de un simple paradigma de causa-efecto.* Los cambios impulsados por el ser humano causan efectos múltiples en cascada que recorren el Sistema Tierra por vías complejas. Estos efectos interactúan unos con otros, en cambios a escalas locales y regionales, de acuerdo con patrones multidimensionales que son difíciles de comprender y aún más difíciles de predecir. Las sorpresas abundan en este campo.

4- *La dinámica del Sistema Tierra se caracteriza por umbrales críticos y cambios abruptos.* Las actividades humanas podrían desencadenar inadvertidamente tales



cambios, con severas consecuencias para el ambiente y los habitantes de la Tierra. El Sistema Tierra ha funcionado en diferentes estados a lo largo del último medio millón de años, con transiciones abruptas (una década, o menos) entre dichos estados. Las actividades humanas tienen el potencial de modificar el Sistema Tierra hacia modos de operar alternativos, que podrían resultar irreversibles y menos hospitalarios para el ser humano y otros tipos de vida. La probabilidad de un cambio abrupto provocado por el ser humano en el ambiente de la Tierra aún debe ser cuantificada pero no puede ser ignorada.

5- *En términos de algunos parámetros ambientales claves, el Sistema Tierra se ha movido claramente fuera del rango de la variabilidad natural exhibido por lo menos a lo largo del último medio millón de años.* La naturaleza de los cambios que ahora suceden simultáneamente en el Sistema Tierra, sus magnitudes y tasas de aceleración no tienen precedentes. En el presente la Tierra se está comportando en condiciones inéditas.

Sobre esta base de la Declaración de Ámsterdam, los programas internacionales sobre el cambio global pedían a los gobiernos, a las instituciones públicas y privadas y a los pueblos del mundo unanimidad en dos demandas (Moore III, Underdal, Lemke y Loreau 2002):

1- *Se necesita urgentemente un marco ético para las estrategias y la administración globales en la gestión del Sistema Tierra.* La acelerada transformación humana del medio de la Tierra no es sostenible. Por tanto, el modo de *negocio acostumbrado (business-as-usual)* para tratar el Sistema Tierra *no* es una opción. Tiene que ser sustituido -a la mayor brevedad posible- por estrategias deliberadas de buena gestión que sustenten el ambiente de la Tierra, cumpliendo al mismo tiempo con objetivos de desarrollo económico y social.

2- *Se requiere un nuevo sistema de ciencia del medio ambiente global.* Éste ha empezado a evolucionar a partir de enfoques complementarios de los programas internacionales de investigación sobre cambio global y necesita ser fortalecido y un mayor desarrollo. Utilizará fundamentalmente la base disciplinaria, existente y en expansión, de la ciencia del cambio global. Integrará, más allá de las disciplinas, temas de desarrollo y del medio ambiente, así como las ciencias naturales y sociales. Colaborará más allá de las fronteras nacionales sobre la base de una infraestructura compartida y segura. Intensificará esfuerzos para posibilitar la plena implicación de los científicos de los países en desarrollo. Y empleará las fuerzas complementarias de naciones y regiones para construir un eficiente sistema internacional de ciencia ambiental global.

Estos programas sobre cambio global se comprometieron desde entonces a trabajar estrechamente con otros sectores de la sociedad, también a través de todas las naciones y las culturas, para hacer frente al desafío de una Tierra en transformación. Nuevas asociaciones se empezaron a formar entre las instituciones de investigaciones universitarias, industriales y gubernamentales. Intensificaron el diálogo entre la comunidad científica y los encargados de formular políticas a varios niveles. Se hizo entonces manifiesta la necesidad de tomar medidas para formalizar, consolidar y fortalecer las iniciativas que se están desarrollando en este nuevo paradigma. Su objetivo común es desarrollar la base esencial de conocimientos necesarios para responder con eficacia y rapidez a los grandes desafíos del cambio global.



Tras la Declaración de Ámsterdam se propuso consolidar un programa que evaluara las principales cuestiones metodológicas del paradigma emergente de la “Ciencia del Sistema Tierra” (*Earth System Science*). Para ello se cogió como referencia el programa que propuso en su día el matemático David Hilbert. En 1900, dentro de la Conferencia Mundial de Matemáticas en París, Hilbert propuso un monumental programa para evaluar los avances de las matemáticas en el siglo XX. Este programa consistió básicamente en una ecléctica lista de 23 problemas que debían ser resueltos por la comunidad científica. De modo similar, la comunidad científica internacional del Sistema Tierra ha elaborado su propio programa hilbertiano (Schellnhuber y Sahagian 2002, p. 21; Clark, Crutzen y Schellnhuber 2004, pp. 8-14; Schellnhuber, Crutzen, Clark y Hunt 2005), con un listado de 23 preguntas cruciales que deben abordarse para la sostenibilidad global. Este programa para la comprensión del Sistema Tierra surgió tras un congreso organizado en 2001 por GAIM (Schellnhuber y Sahagian 2002) -el laboratorio de ideas transdisciplinario del programa internacional IGBP (International Geosphere–Biosphere Programme)-. Su propuesta programática se postula como un campo de estudio e investigación para el siglo XXI, por medio de una lista de 23 preguntas organizadas en cuatro bloques destacados, a saber, cuestiones analíticas, metodológicas, normativas y estratégicas, respectivamente:

A- Cuestiones analíticas:

1. ¿Cuáles son los órganos vitales de la ecosfera desde el punto de vista del funcionamiento y de la evolución?
2. ¿Cuáles son los principales patrones dinámicos, las teleconexiones y los bucles de retroalimentación en la maquinaria planetaria?
3. ¿Cuáles son los elementos críticos (umbrales, cuellos de botella, transiciones) en el Sistema Tierra?
4. ¿Cuáles son las escalas temporales y los regímenes característicos de la variabilidad natural del planeta?
5. ¿Cuáles son los regímenes de las perturbaciones antropogénicas y de las teleperturbaciones que importan desde el nivel del Sistema Tierra?
6. ¿Cuáles son los órganos vitales de la ecosfera y los elementos planetarios críticos que pueden ser transformados por la acción humana?
7. ¿Cuáles son las regiones más vulnerables en los cambios globales?
8. ¿Cómo son procesados los fenómenos extremos y abruptos a través de las interacciones naturaleza-sociedad?

B-Cuestiones operativas:

9. ¿Cuáles son los principios para la construcción de “macroscopios” (*macroscopes*), es decir, representaciones del Sistema Tierra que agreguen detalles sin cesar, manteniendo al mismo tiempo todos los ítems de los órdenes sistémicos?
10. ¿Qué niveles de complejidad y resolución tienen que ser alcanzados en los modelos del Sistema Tierra?
11. ¿Es posible describir el Sistema Tierra como una composición de regiones y órganos débilmente acoplados, y es posible reconstruir la maquinaria planetaria desde estas piezas?
12. ¿Cuál podría ser la estrategia global más eficaz para la generación, transformación e integración de la serie de datos relevantes del Sistema Tierra?
13. ¿Cuáles son las mejores técnicas para analizar y, en la medida de lo posible, predecir eventos irregulares?



14. ¿Cuáles son las metodologías más apropiadas para la integración del conocimiento entre las ciencias naturales y las ciencias sociales?

C- Cuestiones normativas:

15. ¿Cuáles son los principios y criterios generales para distinguir los futuros sostenibles y no-sostenibles?
16. ¿Cuál es la capacidad de carga de la Tierra?
17. ¿Cuáles son los dominios accesibles pero intolerables en el espacio de la co-evolución entre la naturaleza y la humanidad?
18. ¿Qué tipo de la naturaleza quieren las sociedades modernas?
19. ¿Cuáles son los principios de equidad que deberían gobernar la gestión global del medio ambiente?

D- Cuestiones estratégicas:

20. ¿Cuál es la combinación óptima de medidas de adaptación y mitigación para responder al cambio global?
21. ¿Cuál es la óptima descomposición de la superficie del planeta en reservas naturales y áreas gestionadas?
22. ¿Cuáles son las opciones y advertencias ante soluciones tecnológicas como la geoingeniería y la modificación genética?
23. ¿Cuál es la estructura de un sistema eficaz y eficiente para las instituciones ambientales y de desarrollo globales?

Estos diversos problemas complejos del planeta requieren un concepto de conocimiento compartido, una cultura cognitiva de participación ampliada, que ha recibido diversas formulaciones desde la Cumbre de Río de Janeiro y la década de los años 90 del pasado siglo. El tipo de educación y formación necesarias para este reto supone lo que se denomina 'trans-ciencia' (cf. Alvin Weinberg 1972): cuestiones que pueden ser formuladas por los científicos pero que no pueden ser respondidas o solucionadas sólo por la ciencia (como en el caso del desarrollo sostenible). Son necesarios nuevos patrones y redes de "distribución del conocimiento" que superan los márgenes a los que se han confinado tradicionalmente la ciencia, la academia y la participación ciudadana, tal y como han propuesto diversos autores desde la sociología del conocimiento científico, desde Karin Knorr-Cetina (1989) hasta Ronald N. Giere (1992, 2002 y 2006).

2- EL MODELO AMPLIADO DE LA CIENCIA POST-NORMAL DESPUÉS DE KUHN

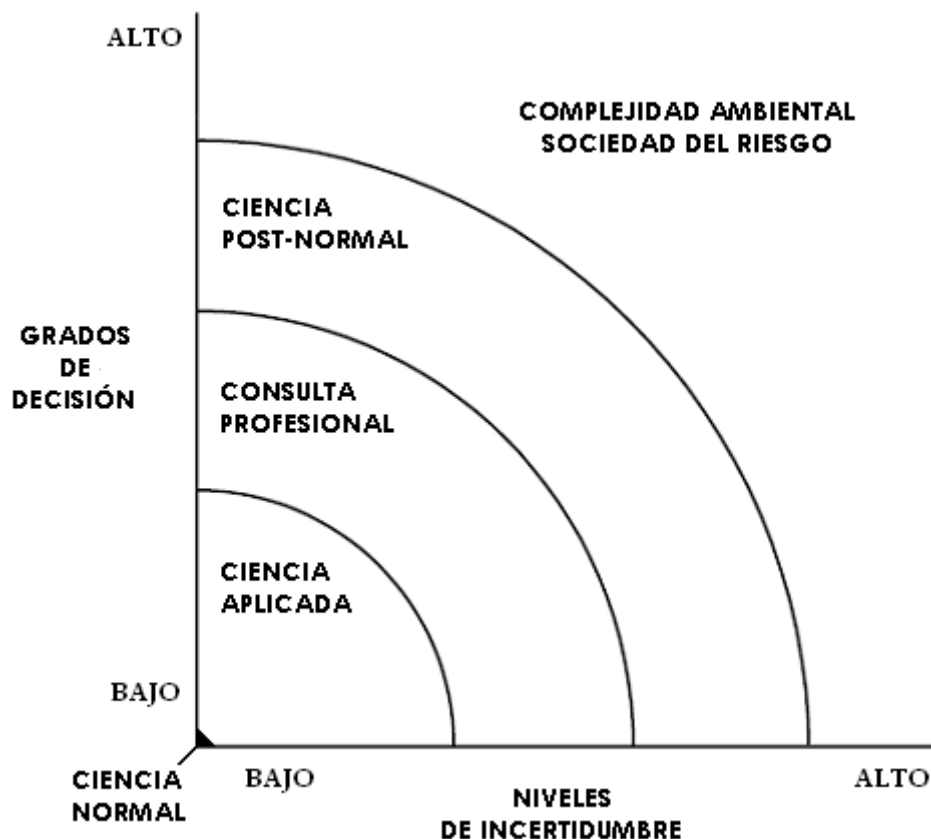
Las incertidumbres múltiples de las actuales ciencias ecológicas y de las políticas de sostenibilidad han de introducir necesariamente nuevos marcos metodológicos y conceptos en la evaluación de la calidad que reconfiguren los sistemas distribuidos de conocimiento y participación. En un mundo global sometido a la sociedad del riesgo los problemas ambientales complejos se extienden a diferentes escalas de espacio y tiempo y las incertidumbres de cualquier clase y de diferente grado de dificultad afectan tanto a los datos como a las teorías al intervenir incertidumbres y valores que el análisis científico tradicional no contempla (Funtowicz y Ravetz 1991 y 1994). Una imagen limitada de la realidad que reduce los fenómenos complejos a elementos sencillos y atómicos puede ser muy efectiva para la experimentación controlada y la construcción de teorías abstractas, pero no es el enfoque más conveniente para las tareas de la educación compleja y la política ambiental más allá de la regularidad, la simplicidad y la certidumbre



de los fenómenos estudiados en los manuales de texto y la ciencia de laboratorio (es decir, la “ciencia normal” analizada por Thomas S. Kuhn en su magna obra describiera en *The Structure of Scientific Revolutions*). La realidad que se persigue frecuentemente en el ámbito de la sostenibilidad y de los riesgos responde más bien a fenómenos complejos en la interrelación de la economía, la ecología y la equidad dentro de sinergias y debates donde los hechos son inciertos, los valores son discutibles, los intereses son substanciales y las decisiones urgentes.

La distinción (normal) de hechos científicos objetivos duros y juicios valorativos subjetivos suaves se ha invertido. Muy a menudo se han de tomar decisiones políticas duras cuando las aportaciones científicas con las que contamos son irremediabilmente simples y suaves. El mundo complejo de la sostenibilidad no se parece demasiado a la situación de laboratorio que Thomas S. Kuhn describiera de acuerdo con el modelo de “ciencia normal”. Los problemas ambientales complejos no caben en una probeta cuando se extienden por amplias zonas del planeta o incluso cuando afectan a la Tierra en su conjunto. En estas nuevas e inéditas situaciones, cuando los hechos son inciertos, los valores discutibles, los intereses fuertes y las decisiones urgentes, el principio orientativo tradicional de la ciencia de investigación y el principio de consecución de la verdad o, como mínimo, del conocimiento objetivo y neutral, se han de modificar sustancialmente. En las condiciones de la ciencia post-normal el principio orientativo es mucho más intenso y menos abstracto: el principio de calidad (Funtowicz y Ravetz 1993 y 2000).

Para caracterizar el modelo de ciencia post-normal en las estrategias de resolución de problemas ante los riesgos ambientales complejos se ha de pensar que los hechos son inciertos, los valores que están en disputa son elevados y las decisiones son urgentes. En tales circunstancias es probable que una metodología lineal simple basada en el ejemplo de la ciencia de laboratorio “pura” no proporcione una guía segura. Ello no implica denostar las aportaciones de la ciencia y la educación tradicionales, pero sí supone una nueva estrategia científica y metodológica que se puede escenificar en un diagrama biaxial (Funtowicz y Ravetz 1992, 1993 y 2000). El diagrama de la ciencia post-normal presenta tres rasgos distintivos a partir de dos ejes o coordenadas. El primer rasgo distintivo presupone una innovación para la metodología científica y muestra la interacción de los aspectos epistémicos (conocimiento) y axiológicos (valores) de los problemas científicos. Se los ubica como ejes del diagrama, representando la intensidad de la incertidumbre y de los grados de decisión en juego respectivamente. El segundo rasgo innovador es que la incertidumbre y los grados de decisión en juego son los opuestos de los atributos que tradicionalmente caracterizaban la ciencia, a saber, su certeza y neutralidad valorativa. Finalmente, el tercer rasgo innovador se refleja en el hecho de que cada una de estas dimensiones se presenta abarcando tres intervalos discretos (ciencia aplicada, consultoría profesional, ciencia post-normal) con tres zonas que representan y caracterizan otros tantos tipos de estrategias de resolución de problemas.



Los dos ejes del diagrama son los niveles de incertidumbre y los grados de decisión en juego. El eje de los niveles de incertidumbre de los sistemas transmite el principio de que el problema no concierne al descubrimiento de un hecho particular sino a la comprensión o el manejo de una realidad inherentemente compleja. El eje de los grados de decisión en juego incluye todos los diversos costos, beneficios y compromisos valorativos que el problema involucra a través de las diversas personas que intervienen y se arriesgan en las decisiones. En la intersección de los dos ejes se ha dejado una pequeña zona oscurecida para representar el lugar que ocuparía la ciencia normal de laboratorio en el sentido kuhniano.

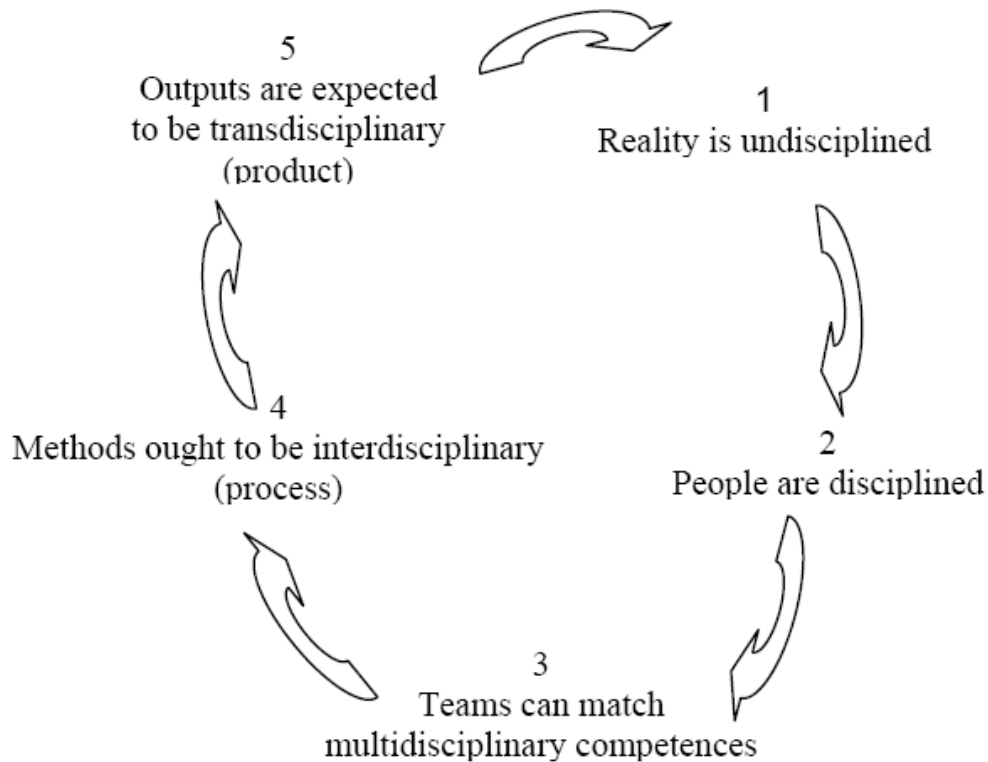
3- COMPLEJIDAD, TRANS-DISCIPLINARIEDAD Y TEORÍAS NO LINEALES DEL CONOCIMIENTO

Para analizar las consecuencias de la sociedad del riesgo y de los problemas ambientales complejos se vuelve perentoria la necesidad de revisar el paradigma de ciencia normal que ya describiera Kuhn. Se precisan nuevas metodologías que presupongan teorías no lineales del conocimiento desde la complejidad tanto en el conocimiento como en la participación. Para empezar se han de establecer varias diferencias sociológicas y epistémicas entre las teorías lineales y no lineales, como ha propuesto Ulrich Beck (2002: 197-200) desde su estudio de la sociedad del riesgo:



- 1- Las teorías lineales implican que el desconocimiento *no* es relevante para el desarrollo moderno. Las teorías no lineales sostienen que los tipos, constructos y consecuencias del desconocimiento de los riesgos son *el* problema clave en la modernidad avanzada y reflexiva.
- 2- Las teorías lineales del conocimiento asumen círculos *cerrados* de grupos de expertos formalmente responsables y de personas implicadas. Las teorías no lineales contemplan un campo abierto y *múltiple* de competidores que actúan sobre el conocimiento.
- 3- Las teorías lineales se basan en el *consenso de expertos*, con un número limitado de practicantes reconocidos y titulados dentro de institutos y organizaciones de investigación y en los correspondientes lugares explícitos, interconectados cooperativamente, para la producción, reconocimiento y aplicación del conocimiento. Las teorías no lineales hacen referencia al *disentimiento* y los conflictos sobre la racionalidad en redes difusas, con estrategias a menudo antagonistas y oportunidades complementarias desde *certidumbres contradictorias* sobre las imágenes de la naturaleza y la humanidad.
- 4- La distinción entre conocimiento y desconocimiento, y la distribución de conocimiento y desconocimiento, se basa, por tanto, en una estructura social y un gradiente de poder entre individuos, grupos, autoridades, monopolios y recursos, por un lado, y por otro, aquellos que los ponen en cuestión y muestran sus contradicciones reflexivas. En la medida en que ya no hay grupos homogéneos de expertos que excluyen otras formas de conocimiento, entonces irrumpen las metodologías no lineales.
- 5- Las diferencias entre teorías lineales y no lineales suponen las distinciones entre lo abierto y lo cerrado, es decir, el consenso frente al disenso en las redes de agentes, cuestiones, métodos, hipótesis guía, escenarios, estimaciones y evaluaciones del riesgo y peligro. Con las teorías no lineales irrumpen las cuestiones de desconocimiento *para todos*, lejos de la monorracionalidad (económica, técnica, política, científica), para que surjan antagonismos y diferencias en el *desconocimiento conocido*.

Una salida a esta situación de bloqueo cognitivo y participativo parte de un *re-conocimiento* de la complejidad a través de diversos equipos multi-inter-disciplinares que finalmente deben dar lugar a productos trans-disciplinares, tal y como ha propuesto Marcel Bursztyn (2008) en la denominada “cadena de la disciplinariedad”:



Cadena de la disciplinarietà - Bursztyn (2008)

La lección a aprender de todo esto es que no existe la trans-disciplinarietà como persona individualizada y singular. La trans-disciplinarietà es el resultado colectivo de la interacción de los individuos y equipos que revierte en productos derivados de sus competencias, metodologías, procesos, diálogos y comunicaciones a través de nuevos sistemas distribuidos de conocimiento y participación.



REFERENCIAS:

- Beck, Ulrich 2002: *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo XXI.
- Bursztyn, Marcel 2008: *Sustainability Science and the University: Towards Interdisciplinarity*. Working Paper No. 24, February 2008. Center for International Development, Cambridge, MA: Harvard University
- Clark, William C.; Crutzen, Paul J.; & Schellnhuber, Hans Joachim 2004: "Science for global sustainability. Toward a new paradigm", in Hans Joachim Schellnhuber, Paul J. Crutzen, William C. Clark, Martin Claussen & Hermann Held (eds.), *Earth System Analysis for Sustainability: Report on the 91st Dahlem Workshop*, Cambridge, Mass., & Londres, The Massachusetts Institute of Technology Press & Dahlem University Press, 2004, pp. 1-25.
- Funtowicz, Silvio O. y Ravetz, Jerome R. 1991: "A new scientific methodology for global environmental issues", in Robert Costanza (ed.), *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*, Nueva York, Columbia University Press, 1991, pp. 137-152.
- 1992: "Three types of risk assessment and the emergence of Post-Normal Science", in Sheldon Krimsky y Dominic Golding (eds.), *Social Theories of Risk*, Nueva York, Greenwood Press, 1992, pp. 251-273.
- 1993: "Science for the post-normal age", *Futures*, 25 (7), pp. 739-755.
- 1994: "Emergent complex systems", *Futures*, 26 (6), pp. 568-582.
- 2000: *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria.
- Giere, Ronald N. 1992: *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- 2002: "Distributed Cognition in Epistemic Cultures", *Philosophy of Science*, 69, pp. 637-644.
- 2006: *Scientific Perspectivism*. Chicago: University of Chicago Press.
- Knorr-Cetina, Karin 1999: *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, Thomas S. 1962: *The Structure of the Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Moore III, Berrien; Underdal, Arild; Lemke, Peter; & Loreau, Michel 2002: "The Amsterdam declaration on global change", in Will Steffen, Jill Jäger, David J. Carson & Clare Bradshaw (eds.), *Challenges of a changing Earth*, Berlín, Springer-Verlag, pp. 207-208.
- Schellnhuber Hans Joachim; Crutzen, Paul J.; Clark, William C. & Hunt, Julian 2005: "Earth system analysis for sustainability", *Environment*, 47 (8), pp. 10-25.
- Schellnhuber, Hans Joachim, y Sahagian, Dork 2002: "The twenty-three GAIM questions", *Global Change Newsletter*, 49, pp. 20-21.
- Weinberg, Alvin 1972: "Science and Trans-Science", *Minerva*, 10 (2), pp. 209-222.