

## **REFLEXIONES SOBRE LO INTERDISCIPLINAR: HACIA UN CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARES**

### **ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA APROXIMACIÓN INTERDISCIPLINAR**

Una de las características más sobresalientes de la ciencia desarrollada durante el siglo XIX y gran parte del XX ha sido la reducción de los problemas propios de los escenarios naturales a sistemas físicos y químicos manejables con las herramientas lógicas y matemáticas accesibles en su tiempo. Esta aproximación ha resultado altamente exitosa en tanto ha permitido sustanciosos progresos paralelos al desarrollo de la técnica y de sus aportaciones instrumentales.

La categoría de conocimiento que se ha visto particularmente beneficiada de estos progresos ha sido la analítica, basada en la naturaleza reduccionista del método, cuya esencia se puede resumir en que la disgregación de la naturaleza en sus componentes genera objetos de investigación más simples, cuya descripción científica es más abordable.

De ahí también el éxito de las disciplinas con carácter eminentemente catalogador, como la Historia Natural desarrollada en los últimos doscientos años. También en la física, los logros de principios de siglo se enmarcan en una actitud reduccionista, pretendiendo una caracterización de los últimos constituyentes de la materia. Esa actividad ha tenido también mucho de catalogación, al reducirse, en gran medida, a una clasificación de partículas elementales. Estas reducciones implican necesariamente una simplificación de los problemas que, sin embargo, fue de gran utilidad en el diseño de instrumentos y maquinas en los que se apoyaría la revolución industrial y tecnológica y, por tanto, de enorme influencia en el paisaje socio-económico actual.

Las ventajas mencionadas no están exentas de inconvenientes. El primero es la práctica de la ciencia “incremental”. Es decir, dada la abundante fenomenológica existente, se pueden dedicar muchos esfuerzos a pequeñas modificaciones que no aporten nada significativamente nuevo. El segundo peligro es pretender formular nuevas teorías excesivamente vagas, extrapolando arbitrariamente ideas muy generales a comportamientos específicos que no admiten simplificaciones tan drásticas.

En los últimos años se ha dado una serie de circunstancias que apoyan el desarrollo de nuevas formas de aproximación a la realidad. Estas circunstancias han venido de la mano del reconocimiento de las limitaciones de la aproximación clásica: 1) la limitación básica de la aproximación clásica es intrínseca: la descomposición de la naturaleza en objetos más fácilmente abordables no garantiza en absoluto el conocimiento de las leyes de recomposición de la realidad original desde sus fragmentos, supuestamente bien conocidos. En otras palabras: la realidad no resulta de la pura aposición de fragmentos, sino que constituye una realidad emergente de su integración. 2) La otra gran limitación relevante de la aproximación clásica también acompaña a las características del método: el progreso científico ha venido limitado y acompañado por el progreso metodológico. En este sentido se ha venido produciendo la división del conocimiento en áreas definidas por los métodos empleados, como consecuencia, los expertos han tenido que ser especialistas en el uso de los mismos, y la realidad fraccionada en sus componentes, más en base a la metodología disponible que en la oportunidad y valor de las preguntas formuladas.

Este aspecto puede parecer inevitable y reflejar que se ha hecho lo que se ha podido porque no se ha podido hacer más que lo que los instrumentos permitían. Sin embargo, la magnificación de esta limitación ha progresado en el sentido de implicar la consolidación de subdivisiones en forma de disciplinas con frecuencia casi estancas tanto por razones de índole político-científica, como por la generación de lenguajes específicos para cada área, de difícil entendimiento por las vecinas.

En estas condiciones la reconstrucción de la realidad fragmentada por el método y analizados sus fragmentos por especialistas incomunicados parece difícil, tergiversándose el sentido de la ciencia, que es el conocimiento de la realidad y no de sus fragmentos generados artificialmente sin sentido en sí mismos. Las consecuencias inevitables son el dispendio intelectual y económico en una dirección desconocida para los propios investigadores, y de difícil explicación a la sociedad, no sólo por la complejidad de la labor y lo difícil del mensaje, sino porque realmente no queda claro qué explicar.

## RESPUESTAS

El reconocimiento de las deficiencias no implica necesariamente disponer de los instrumentos para corregirlas. Sin embargo las reflexiones arriba indicadas vienen generando desde hace algún tiempo una dinámica orientada a paliarlas. Probablemente el instrumento más inmediato es el fomento de la actividad interdisciplinar, que por el hecho de serlo pueda forzar a romper las barreras metodológicas y de lenguaje, facilitando la comunicación y el contraste entre campos vecinos. Este tipo de respuestas viene siendo productiva en algunos campos al poner al alcance de científicos de una disciplina métodos al uso en otra para resolver problemas de orden similar.

No obstante, la sola aproximación de campos difícilmente puede permitir grandes resultados en ausencia de herramientas conceptuales apropiadas que permitan soslayar el gran problema del método científico: la inexistencia del conocimiento de las leyes que gobiernan la recomposición de la realidad desde el conocimiento de sus partes. Durante bastante tiempo la afirmación de que la integración de las partes daba lugar a la emergencia de propiedades no reducibles a las de las partes era tan obvia como difícil de articular en proyectos concretos.

En la actualidad, existe un punto de convergencia en muchas disciplinas científicas. Se trata de sistemas cuya evolución obedece una dinámica no lineal, dando lugar a comportamientos autoorganizados complejos de naturaleza diversa.

En estos momentos, asistimos a un giro radical en la manera de afrontar el estudio científico de la fenomenológica de los sistemas naturales (incluidos en ellos los sistemas derivados de las relaciones humanas, tal como los sociales y económicos). El concepto de clases de universalidad, desarrollado en el estudio de las transiciones de fase en los últimos años de la década de los 70, es un ejemplo de herramienta metodológica que permite un tratamiento nuevo de fenómenos colectivos. Estos trabajos, han permitido resaltar mejor los fenómenos emergentes, que aparecen de forma genérica en sistemas de gran complejidad. De forma casi simultánea, hemos asistido a un desarrollo considerable en el tratamiento matemático de sistemas dinámicos y ecuaciones no lineales. La posibilidad de simulaciones numéricas ha contribuido a crear un campo moderno e interdisciplinario de la ciencia, con aportaciones importantes en la reacción-difusión química, dinámica de poblaciones biológicas, morfogénesis, modelos económicos, etc.

Estos temas están adquiriendo su mayoría de edad bajo el nombre de *Ciencia No-Lineal*, y su descriptor de mercado: *Sistemas Complejos*. Ejemplo bien conocido de este tipo de actividad es la caracterización y cuantificación del comportamiento caótico, tanto en su aspecto teórico como experimental, con aplicaciones a un gran número de sistemas físico-químicos. Igualmente, se pueden citar los éxitos explicativos de la teoría depredador/presa, o los de la generación de estructuras disipativas. La utilización de los métodos clásicos de la mecánica estadística a problemas biológicos de diferentes escalas, desde la estructura de las macromoléculas a la evolución, comienza a ser habitual.

Finalmente, como ejemplo con claras implicaciones socio-económicas podemos citar el estudio del comportamiento colectivo de especies en interacción: Un problema esencial es la coordinación de la actividad de los agentes sin recurrir a un proceso de mando centralizado o jerárquico. Se trata de entender como llegar a decisiones colectivas basadas en la información local disponible a cada agente.

Relacionado con ello esta el problema del “dilema social” o la caracterización del numero de individuos por debajo del cual los mismos colaboran de forma espontánea. El futuro del campo esta determinado por el aumento continuo de la potencia de calculo accesible a los investigadores. Problemas que parecían inabordables, en pocos años son entendidos con ayuda de cálculos, simulaciones, etc.

Con el éxito de la llamada ciencia no-lineal y el gran numero de temáticas abordadas y científicos involucrados aparecen dos peligros que deben indicarse. El énfasis en aplicaciones tecnológicas aparecen como un verdadero reto y vacuna contra esos peligros. Como realidades en esa dirección pueden citarse la ingeniería del control del caos o el uso de señales caóticas sincronizadas para la transmisión de información codificada.

En los últimos años han florecido tanto en Europa como en Estados Unidos diversos institutos de ciencia no-lineal, mas bien centrados en aspectos fisico-matemáticos. Parece hoy necesario un paso mas en esta línea pasando a rentabilizar el estudio científico de los sistemas complejos en campos como los recursos naturales, la ingeniería y las ciencias sociales y económicas. El precedente o modelo mas claro en esa dirección, con objetivos más ambiciosos, es el Santa Fe Institute en Estados Unidos.

Resumiendo en unas pocas líneas, mas allá de la catalogación y explotación de los recursos naturales y de los procedimientos tecnológicos con criterios de carácter economicista, se trata de aprender a manejarlos razonablemente en su intrínseca complejidad. Se puede intuir hoy que la demanda social a la ciencia y a los científicos del siglo XXI no va ser tan solo la de actuar como motor del progreso tecnológico sino, además, la de saber predecir y controlar el impacto de este progreso en la naturaleza y en las propias estructuras sociales y económicas que lo sostienen.

En España existe una comunidad científica en los áreas de ciencias naturales, sociales y fisico-matemáticas que, por separado, ha alcanzado un nivel homologable con el de otros países de nuestro entorno.

En el contexto de la ciencia española es necesario dar salida a comunidades que han adquirido un buen nivel pero que corren el peligro (o la realidad) de limitarse a reproducirse y seguir publicando artículos con un alto grado de mimetismo. Eso lleva a agotar temas, disminuir la calidad, y a la arteriosclerosis generalizada. Este proceso es mas patente en las ciencias con un mayor contenido matemático-cuantitativo. Parece conveniente el trasvase de conocimientos e investigadores aprovechando el potencial desarrollado en unas areas para desarrollar otros campos novedosos.

La actual organización de nuestro sistema de adquisición y transmisión de conocimiento no favorece el desarrollo del estudio de los sistemas complejos. En primer lugar, porque la reacción de los currícula universitarios en respuesta a los avances de la ciencia (especialmente si ese avance, como es el caso, consiste en un giro epistemológico) conlleva un desfase temporal demasiado elevado. Por otra parte, la existencia de una división todavía poco flexible de los Institutos del CSIC (el entorno natural para desarrollar estos estudios) en disciplinas impermeables distorsiona la creación de canales eficaces de colaboración entre expertos de distintas materias, imprescindible para avanzar adecuadamente en estos estudios.

Finalmente, la endogamia tan generalizada en nuestros organismos de investigación es un obstáculo muy serio al reciclaje de los científicos. Es especialmente lamentable la retroalimentación negativa que esta practica tiene sobre los investigadores en periodo de formación, que les lleva a evitar lanzarse a temas novedosos y de futuro. El establecimiento de una coordinación permanente entre los grupos en los áreas mencionados anteriormente, permitiría rentabilizar al máximo la experiencia ya acumulada.

## LÍNEAS DE ACTUACIÓN

1) Al tratarse de un campo en rápida evolución, es necesaria una labor de formación permanente y de intercambio de ideas. Para ello, se pretende desarrollar actividades como cursos de tercer ciclo, workshops y conferencias.

2) Un objetivo primordial de esta propuesta es facilitar la movilidad de científicos entre diferentes centros de investigación. Esta movilidad está particularmente reducida en la estructura actual de la Universidad española. Una coordinación formal de diversos grupos debe facilitar esa movilidad.

3) Coordinación de proyectos de investigación. El objetivo es el desarrollo de proyectos interdisciplinares. Dada la complejidad de este punto, y su indudable interés, parece aconsejable iniciar este proceso con uno o dos proyectos piloto en los que la colaboración parezca más sencilla. Entre otros temas, podemos sugerir:

- Control de dinámica compleja en dispositivos de interés en las Tecnologías de la información.
- Dinámica de poblaciones: Tratamiento de los datos acumulados en observaciones de sistemas naturales.
- Fluidos: Del experimento controlable en el laboratorio a la circulación oceánica y el cambio climático.
- Auto-organización y complejidad en modelos económicos.

En paralelo con estos temas, sería deseable una profundización en el conocimiento de técnicas metodológicas y matemáticas de interés general, como el cálculo numérico.

4) Se pretende, asimismo, favorecer el acceso a los programas europeos.

5) A medio plazo, sería deseable la extensión de las actividades previstas (interdisciplinares) a otras ramas de la ciencia.

## LA CONVENIENCIA DE UN CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARES

Un organismo que pretenda impulsar las actividades descritas en este documento debería implicar tanto a centros universitarios como al CSIC.

Se pretende que exista al menos un centro de coordinación, ubicado en alguna ciudad española de tamaño medio. Este centro debería disponer de una infraestructura administrativa, de biblioteca y de soporte informático.

Se podría esperar que las actividades a desarrollar fueran financiadas a través de programas de investigación nacionales e internacionales.

Aunque la estructura organizativa está por determinar, debería contar con un consejo de dirección, y un consejo asesor formado por científicos de reconocido prestigio internacional.

Grupo promotor:

- *Joan Maria Esteban Marquillas*. Instituto de Análisis Económico (CSIC). Universidad Autónoma de Barcelona.
- *Juan Manuel García Ruiz*. Instituto de Geología Mediterránea (CSIC). Granada.
- *Francisco Guinea López*. Instituto de Ciencia de Materiales (CSIC). Madrid.
- *Carmen Herrero*. Departamento de Fundamentos de la Economía. Universidad de Alicante.

- *José Luis López Carrascosa*. Instituto Nacional de Biotecnología (CSIC). Cantoblanco. Madrid.
- *Enrique Louis Cereceda*. Departamento de Física Aplicada. Universidad de Alicante.
- *Maximino San Miguel*. Departamento de Física Interdisciplinar. Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, IMEDEA (CSIC- Universidad de las Islas Baleares).
- *Juan Vicente Sánchez Andrés*. Depto. Fisiología. Universidad de La Laguna. Tenerife.
- *Jesús Sanz Serna*. Departamento de Matemática Aplicada. Universidad de Valladolid.
- *Fernando Vega*. Departamento de Fundamentos del Análisis Económico. Universidad de Alicante.

## **EXISTENCIA DE UNA UNIDAD FÍSICA DE COORDINACIÓN.**

Una de las cuestiones que se ha suscitado repetidamente ha sido la de la conveniencia de disponer de una estructura física que pueda ejercer el papel de sede a efectos de coordinación de esfuerzos, potencialmente de lugar para realizar reuniones, y trabajar.

De esta forma se plantea dos etapas mas o menos sucesivas, aunque se podrían solapar:

- a) Etapa de sede de encuentros.
- b) Etapa de actividad investigadora.

Ambas dos dentro de un esquema orgánico.

El prototipo a imitar sería el Instituto Santa Fe. En este contexto se propone un esquema orgánico consistente en la existencia de:

- Consejo de asesores, y dentro de él un Consejo ejecutivo (Consejo de Dirección)
- Investigadores y personal

El Consejo asesor estaría compuesto por investigadores activos en sus campos y al menos en parte de fuera de la sede y por representantes de las instituciones que ejerzan el papel de sponsors. Se propone que la actual comisión promotora se constituya en el consejo asesor constituyente. En una primera fase de duración estimada en un año se procederá a la constitución del consejo de dirección y a la elaboración de un estatuto de funcionamiento.

El esquema básico de trabajo interno se elaboraría en base a investigadores de diversa procedencia que piensen en venir no a establecerse, sino a interaccionar de forma temporal. Los investigadores serán visitantes, de forma que no se plantea la creación de posiciones fijas, salvo que se considere conveniente establecer unos mínimos que den continuidad al margen de los recambios en los visitantes. De esta forma el elemento de equipamiento a dotar es fundamentalmente computacional: no se trataría de un lugar para hacer experimentos, sino que los investigadores se llevarían sus datos para trabajar de forma interdisciplinaria con otros, generándose un foro de discusión continuo dependiente de la formación de los visitantes. Este escenario es realista con una inversión limitada, por añadidura y en lo tocante a los españoles sería vehiculizable a través del CSIC.