

UIMP Universidad Internacional
Menéndez Pelayo

Documentos Humboldt 9

HUMANISMO, CIENCIA Y SOCIEDAD

Febrero 2009



Alexander von Humboldt
Stiftung / Foundation

© De la edición, Asociación Alexander von Humboldt de España
© De los textos y gráficos, sus autores

Dirección del I.D.O.E. : Plaza de la Victoria, 3
28802 - Alcalá de Henares.
Teléfono : 91. 885.46.55
Fax : 91. 885.51.57

Reservados todos los derechos.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

ISBN 978-84-8187-163-X

ÍNDICE

	Pág.
Prólogo	
Salvador Ordoñez, Rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP)	1
Palabras de Apertura	
Helmut Schwarz, Presidente de la Fundación Alexander von Humboldt	7
Presentación	
Santiago García Echevarría, Presidente de la Asociación Alexander von Humboldt de España	14
Public Responsibility of Scientific Excellence	
Wolfgang A. Herrmann, President Technische Universität München	18
Humanity: On the commandment of neighborly love	
Volker Gerhardt, Vicepresidente de la Academia de Ciencias de Berlín, Catedrático de Filosofía y Bioética, Universidad Humboldt de Berlín	36
A note on science, humanities and the world problems	
Antonio Fernández-Rañada, Universidad Complutense de Madrid	56
Enfermedad Mental Y Persona	
Jordi Cervós, Presidente Ejecutivo de la Sociedad Alemana de Neuropatología y Neuroanatomía y ex Vicerrector de la Universidad Libre de Berlín ...	75

Neurociencias Y Mente Humana

Juan Arana. Universidad de Sevilla	81
Genes, brain and maternal behaviour	
Natalia López-Moratalla. Professor of Biochemistry and Molecular Biology. University of Navarra.	109
El control de la tecnociencia: Las nanotecnologías como ejemplo	
Javier Echeverría, Profesor de Investigación del Instituto de Filosofía (CSIC) e Investigador Ikerbasque (Departamento de Sociología 2, Universidad del País Vasco).....	175

PRÓLOGO

Salvador Ordoñez, Rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP)

En una entrevista mantenida con el Prof. García Echevarría, preparatoria del encuentro “Humanismo, Ciencia y Sociedad”, surgió de manera casual la cuestión de la influencia de la cultura alemana en España, al menos hasta nuestra guerra civil.

En aquella conversación, yo señalaba cómo un modesto filósofo alemán, K. C. F. Krause (1781-1832), traducido al español por J. Sanz del Río (1814-1869), tuvo una gran influencia, primero en la política española; y más tarde y como consecuencia de ello, en la renovación de la vida académica e intelectual española.

Una de las actuaciones en la que cristalizó el denominado pensamiento “krausista” fue la creación de la Institución Libre de Enseñanza (1876) y de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) (1907). Hasta los comienzos de nuestra Guerra Civil (1936-39), estas dos instituciones constituyeron un faro de generación y extensión de cultura, una fuente inagotable de experiencias docentes, y un elemento dinamizador de la creación e internacionalización de la creación científica.

Nuestra universidad, la Universidad Internacional de Verano en Santander (UIV) (1933-36), fue una experiencia docente de la JAE. A partir de 1945 quedó rebautizada como “Universidad Internacional Menéndez Pelayo” (UIMP) por el régimen surgido de la Guerra Civil (1936-39) en recuerdo de aquel polígrafo cántabro, Marcelino Menéndez Pelayo (1856-1912).

Más allá del uso ideológicamente interesado que hizo de él ese régimen, Menéndez Pelayo fue, como señaló Luis Araquistáin¹, embajador de la República Española en Berlín en 1932 y director de las revista “Leviatán (1934-1936)”, en un discurso pronunciado en la Universidad de esa ciudad sobre el papel de D. Marcelino en la difusión de la cultura alemana, una ineludible

¹ Luis Araquistáin. *Marcelino Menéndez Pelayo y la cultura alemana*. Págs. 39 a 72 de “Sobre Menéndez Pelayo”. UIMP, 2003. Publicado inicialmente por el Boletín de la Biblioteca Menéndez Pelayo en 1933.

referencia intelectual: “Todavía los españoles que quieran aprender filosofía alemana del arte, no tienen mejor texto que los (tomos III y IV) de la *Historia de las ideas estéticas*”, obra de uno de los hombres más geniales y fecundos que ha producido España en el curso de su ya larga historia cultural”.

Cambios de nombre incluidos, la antigua UIV, hoy UIMP, sufrió los rigores esterilizantes de los largos años del franquismo, pero supo mantener al principio una débil llama de esperanza, que se convirtió después, en la Transición al régimen democrático, en una auténtica hoguera en la que el debate y el diálogo alcanzaron el máximo nivel al servicio de un viejo pueblo que pedía un lugar entre los pueblos libres del mundo.

Nuestro inicial contacto con la Fundación Alexander von Humboldt pretende intensificar una larga tradición de relaciones científicas entre España y Alemania que se plasmó de manera intensa, a finales del siglo XVIII, con la “Escuela de Minas de Freiberg” y que alcanzó su “climax” con el gran número de pensionados (becarios) de la JAE que acudieron a centros alemanes, especialmente en el campo de la filosofía: Julián Besteiro (1909-10), Fernando de los Ríos (1909) -ministro que fue autor del decreto de creación de la UIV (1932)-, José Ortega y Gasset (1911); Manuel García Morente (1911-12), Javier Zubiri (1919)... En las ciencias físico-químicas y en las ciencias naturales, las relaciones fueron también

fluidas y con importantes colaboraciones.

Y no podemos olvidar al último presidente del Consejo de Ministros de la República, Juan Negrín López (1892-1954), que estudió medicina en las Universidades de Kiel (1907) Y Leipzig (1908), siendo alumno de Ewald Hering y E. T. von Brücke, y que, con motivo del inicio de la I Guerra Mundial, regresó a España en 1915, habiendo adquirido una amplia formación en Química y el título de Doctor en Alemania desde 1912 con la tesis "*Zur Frage nach der Genese der Piquë-glycosurie*". Se le considera maestro de Severo Ochoa (Premio Nobel) y de Francisco Grande Covián. Murió en el exilio.

En la presentación del Encuentro celebrado en la UIMP en julio de 2008, se señaló que el objetivo del mismo era “impulsar una seria y profunda reflexión en torno a la necesidad de integración del conocimiento sobre la base del humanismo y sus valores con el fin de asegurar tanto el desarrollo de la ciencia y la formación, así como sus dimensiones institucionales”.

En estos momentos, en los que la denominada “sociedad del conocimiento” parece ser el objetivo a alcanzar por todas las sociedades, el debate acerca de las relaciones entre humanismo y conocimiento, y sobre la integración en estas relaciones de los valores que la sociedad necesita, exige una redefinición que vaya más allá de las éticas particulares procedentes de pensamientos religiosos concretos; una redefinición que permita

incluir en el nuevo pensamiento los avances científicos y, a la vez, encuentre acomodo y aceptación en el derecho natural, y por supuesto entre los ciudadanos, independientemente de cuáles sean sus sentimientos personales en materia de moral y religión.

La sociedad del conocimiento, como se ha escrito recientemente, “se relaciona de forma positiva, con los derechos humanos, la libertad de expresión, la autonomía y el pluralismo personal e institucional, la lucha contra la pobreza,... y la excesiva mercantilización”². Y, como acertadamente señala Suárez Arroyo (2009), la sociedad del conocimiento defiende que el desarrollo científico y social está relacionado con la capacidad de “producir a gran escala personas competentes en todos los órdenes de la vida”.

Como responsables universitarios, y siguiendo el pensamiento orteguiano de la Misión de la Universidad (1930), nuestro camino al servicio de la sociedad está en formar personas competentes que permitan a ésta proseguir su avance hacia los objetivos de la sociedad del conocimiento.

Me gustaría agradecer vivamente, a los Profesores Doctores Helmut Schwarz y Santiago García Echevarría, su esfuerzo en la dirección del Encuentro, agradecimiento que extiendo a los ponentes y moderadores de mesa, con la esperanza

² “La innovación tecnológica y los paradigmas sociales”. Benjamin Suárez Arroyo (2009). Icaria Editorial.

que este foro sea el inicio de una fructífera relación entre la Fundación Alexander von Humboldt y la UIMP para el bien de las culturas alemana y española, y de su inserción fundamental en el conjunto de la cultura global y europea.

PRÓLOGO

Helmut Schwarz, Presidente de la Fundación Alexander von Humboldt-

Cuando Alexander von Humboldt junto con su compañero francés Aimé Bonpland subió el 5 de junio de 1799 en el Puerto Español de La Coruña al buque “Pizarro” con el fin de iniciar su viaje a la región ecuatorial del nuevo Continente, no solamente comenzó una aventura personal que regaló al mundo, al propio tiempo, conocimientos muy importantes sobre la Flora, la Fauna y la Geología de América. “Nunca antes le ha sido concedida a un viajero una autorización tan ilimitada y nunca antes un extranjero ha sido honrado por el Gobierno Español con tales muestras de confianza” (Carta de Alexander von Humboldt a su hermano mayor Wilhelm von Humboldt). Al mismo tiempo este 5 de junio de 1799 fue el comienzo de una pionera

internacionalización de la ciencia entendida interdisciplinariamente, que incluso hoy, todavía, constituye el marco de referencia para todos los esfuerzos de internacionalización.

Con “su forma de pensar, con su método de comparación”, así lo ha formulado el investigador de Humboldt el Postdamer Ottmar Ette, creó Humboldt un nuevo tipo de discurso, que “estableció los fundamentos de una naturaleza tendente a la compensación y al equilibrio en la que está involucrado el hombre”. Humboldt trazó con su obra, al mismo tiempo, la visión de un mundo global en el que él consideró que una ciencia responsable “no es de una nación, sino del conjunto de la humanidad”. En esencia su conciencia transdisciplinaria e intercultural le situaba no en la prosperidad de Europa o la correspondiente a la Patria, sino en el bienestar de todo el planeta. Más allá del proyecto de la Moderna Europa, su pensamiento se orientaba a un equilibrio de los continentes y de las naciones, a un desarrollo multipolar, en dirección a un ordenamiento mundial justo. Humboldt se adelantó a su tiempo.

Hoy es realidad aquello que intuyó Humboldt, la realidad que se ha impuesto en el marco presente del proceso de globalización. Solamente puede sorprender la visión del pensamiento Humboldt a mediados del siglo XIX. Hoy, al comienzo del siglo XXI, tanto la ciencia como la política están caracterizadas por una competencia global por

disponer de ese saber. Las modernas sociedades del conocimiento organizadas, primordialmente en formas nacionales, se encuentran bajo una fuerte presión competitiva internacional. Alemania debe dejar atrás la larga sombra de la guerra fría y “entrar de manera más acentuada en el mundo”, tal como lo formuló el Ministro de Asuntos Exteriores Alemán Frank Walter Steinmeier. En la ciencia las sombras de la guerra fría, en algunas épocas, fueron mucho más reducidas que en muchas otras áreas de nuestra sociedad. Puede ser que esto se deba a que la ciencia *per se* es internacional, y que las fronteras, de cualquier tipo que sean, sencillamente se ignoren y que los nuevos conocimientos, tanto antes como ahora, no se encuentren básicamente vinculados a un espacio. En los últimos quince años se ha desarrollado de manera muy rápida el mundo de las relaciones científicas internacionales. La cifra de becas de la Fundación Alexander von Humboldt constituye un indicador que ha marcado las tendencias que se han percibido más tarde en otras partes. El número de los becarios de investigación Humboldt provenientes de España, por ejemplo, se encuentra desde hace décadas entre las diez naciones más representadas, con una creciente tendencia en los últimos años.

La nueva calidad de la situación competitiva ha provocado, junto a los esfuerzos crecientes de cada uno de los países, también, en la propia Unión Europea, una búsqueda febril de nuevas respuestas. “Hasta el año 2010 la Unión Europea

debe convertirse en el área económica del mundo con la mayor capacidad competitiva y dinámica basada en el saber, un área económica que sea capaz de alcanzar un crecimiento económico creciente con más y mejores puestos de trabajo y una creciente cohesión social”. Con este ambicioso objetivo se comprometieron los jefes de Estado y de Gobierno Europeos en una Cumbre especial celebrada en marzo del año 2000 en Lisboa. Con el nuevo ámbito de actuación, saber e innovación de la denominada estrategia de Lisboa para el crecimiento y la ocupación, ha asignado la Unión Europea a las Escuelas Superiores y a las Universidades el papel y significado que les corresponden en una moderna “Sociedad del Conocimiento”, de forma que su reforma y la financiación correspondiente decidirán si el bienestar de los pueblos de Europa estará también asegurado en el futuro o incluso se incrementa.

Los conocimientos científicos constituyen hoy en día más que nunca el objeto de la competencia internacional como también el objetivo para una cooperación transnacional. Cooperación para beneficio mutuo son las condiciones necesarias para poder subsistir en la competencia internacional. Con el reto, por ejemplo, del calentamiento global, de la protección ambiental, del suministro energético sostenible o de la salud global, se ha planteado de forma consciente la fragilidad y la sensibilidad de las modernas sociedades, así como también la necesidad de la búsqueda persistente y compartida de soluciones

para todos. Al *brain drain* y al *brain gain* siguió en la discusión entre expertos sobre la movilidad internacional del científico años más tarde el aspecto de la reciprocidad que se refleja en el slogan *brain circulation*. El futuro pertenece, sin embargo, si queremos creer a los creadores de este concepto, al *brain sharing*; así es como se habla, al menos entre los expertos internacionales, en el ámbito de la Ciencia y del Management Científico.

El interés por la investigación internacional va mucho más allá de los intereses singulares de las naciones industriales. Precisamente ante el transcurso de los cambios en las dimensiones globales se deben integrar en la investigación y en la ciencia los países en vías de desarrollo o en procesos de avanzada industrialización tanto como objeto de investigación como a investigadores de estos países. Para lo que se precisan de científicos altamente cualificados que se encuentran integrados en redes internacionales y que también cooperan en su propio contexto regional de forma intensiva. El impacto interdisciplinar de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo con su orientación internacional, especialmente también hacia los países de Centro y Sudamérica construye en este sentido puentes significativos e indispensables.

La Fundación Alexander von Humboldt se registrará también en el futuro en su programa de actividades por el convencimiento de que si bien la ciencia se compone ciertamente de múltiples

piezas pequeñas singulares, sin embargo, los avances se deben casi siempre a la aportación personal. Aquí es donde engarza también el desarrollo de las personas que constituye, sin duda, el mejor de todos los apoyos pensables, tal como fomenta la Fundación desde su creación. En las sociedades de redes globales la confianza es de una importancia vital. Nuestros becarios y nuestros premiados vienen a Alemania y construyen con los científicos alemanes esa comunidad de saberes y de aprendizaje que se fundamenta en la confianza y en el respeto mutuo. Constituyen el punto geográfico de la cooperación sostenible e internacional a largo plazo, configurando puntos de unión en las redes de las élites investigadoras internacionales móviles. La confianza que el Gobierno Español puso hace ya más de 200 años en Alexander von Humboldt y en Aimé Bonpland continúa en nuestros días en la Cooperación Hispano Alemana también en la Cooperación Internacional de los Humboldtianos. La Asociación Alexander von Humboldt de España con su Presidente, el Prof. Dr. Santiago García Echevarría, ha hecho suyo este objetivo.

La actividad científica española y alemana aprendieron a compartir hace un largo periodo de tiempo los conocimientos científicos, lo que generó un periodo de gran impacto en este compartir de las ciencias básicas, de sus fundamentos y de su metodología. La escuela alemana en las Ciencias Naturales y en algunas de la Ciencias Humanísticas y Sociales sentó las bases para el

desarrollo científico entre ambos países.

Este Primer Encuentro entre la Universidad Internacional Menéndez Pelayo y la Fundación Alexander von Humboldt constituye, bajo el lema "*Humanismo, Ciencia y Sociedad*", este diálogo interdisciplinar e intercultural que trata de recuperar las bases para una muy fructífera cooperación entre el mundo científico español y alemán. La temática planteada, los amplios debates desarrollados y la magnífica sintonía en un ambiente único, facilitan esa recuperación para una eficiente cooperación científica que asentarán las bases perfectamente compartidas.

Este Encuentro ha sido posible gracias al convencimiento del Rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Prof. Dr. Salvador Ordóñez y a los científicos representantes de las instituciones alemanas relevantes que con su saber han puesto su esfuerzo en la búsqueda de ese camino para compartir cerebros con sus excelentes colegas españoles.

Este es un Primer Encuentro entre Científicos españoles y alemanes, muchos de ellos Humboldtianos o Miembros de la Fundación, que hacen posible esa sintonía que confiamos pueda sentar las bases de una consolidación del trabajo compartido entre personas e instituciones científicas de ambas culturas, incluyendo el mundo hispanohablante del "nuevo mundo" en un ambiente universal y abierto.

PRESENTACIÓN

Santiago García Echevarría, Presidente de la Asociación Alexander von Humboldt de España.

La necesidad de innovación constituye hoy día una de las claves fundamentales para el desarrollo de las personas y de las instituciones. La ciencia y la tecnología configuran uno de los elementos clave de la innovación, pero necesitan involucrar a las instituciones, no solo de las que disponen de la ciencia, sino también de aquellas que usan los resultados de la misma.

Innovar es la realidad de nuestro tiempo y lo que se busca fundamentalmente es impulsar el desarrollo de la Sociedad a través de la innovación junto con el desarrollo de las personas buscando su bienestar.

La ciencia, el conocimiento científico, se encuentra inmersa en la realidad social y precisa, por tanto de muy diferentes procesos para poder trasvasar ese conocimiento a la realidad social en que nos movemos.

Precisamente la característica dominante en la ciencia la constituyo hoy la búsqueda de esa realidad que tratamos de resolver, y lo cual solamente es posible en base a la interdisciplinariedad que obliga a la búsqueda de nuevos enfoques, nuevas orientaciones, que permitan entrar en el conocimiento desde la universalidad del mismo, pero con la accesibilidad viable de otros ámbitos científicos.

“Ciencia, Humanismo y Sociedad”, como referencia global, configuran la base para impulsar el desarrollo científico en el contexto de la persona con el fin de dar una respuesta a los problemas de la Sociedad. Este Encuentro Científico celebrado en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo en Santander es un proyecto compartido entre la Fundación Alexander von Humboldt y la UIMP en búsqueda de esa realidad científica que dentro de la universalidad del contexto de la ciencia facilite la interpretación humana que permita acceder a la Sociedad del Conocimiento.

La Fundación Alexander von Humboldt con su Presidente ha reunido a Personalidades Científicas de ámbito alemán y responsables de grandes Instituciones Científicas y la UIMP, con su Rector Prof. Salvador Ordóñez Delgado ha impulsado esta necesidad de un diálogo universal, abierto, científico entre el devenir de la ciencia alemana y española al objeto de abrir puertas y recuperar una fructífera relación científica en otras épocas entre ambas culturas.

Sin ambos protagonistas no hubiera sido posible este Encuentro que abre las vías para compartir diferentes Weltanschauungen y penetrar en las bases del conocimiento, lo que exige a los científicos una apertura muy amplia, cada vez más amplia, al objeto de impulsar, tanto la tecnología como el conocimiento y, fundamentalmente, en lo que corresponde al ámbito de los fundamentos básicos y metodológicos de la ciencia.

Sin el convencimiento de ambos, el Presidente de la Fundación Alexander von Humboldt y el Rector de la UIMP, el Prof. Schwarz y el Prof. Salvador Ordóñez, no hubiera sido posible este Encuentro de Santander así como la ayuda prestada en la organización del mismo por la Dra. Dña. Gisela Janetzke, Vicesecretaria General de la Fundación y del Prof. José Blázquez, Secretario General de la UIMP.

A todos y cada unos de los ponentes y partícipes en este Encuentro de la UIMP de Santander quiero expresarles mi agradecimiento más sincero por su esfuerzo y decisiva contribución para dar forma y contenido en las profunda y dinámicas reflexiones que se han realizado en torno a la interculturalidad y la excelente cordialidad del Encuentro.

Confiamos que este camino que se abre dentro de la universalidad de la ciencia alemana y de la ciencia española conseguirá intensificar la colaboración, tanto en el avance científico como en

el descubrimiento impulsor de una nueva cultura investigadora que facilite los procesos de transformación de las Instituciones Científicas y el desarrollo del cambio de nuestras sociedades.

PUBLIC RESPONSABILITY OF SCIENTIFIC EXCELLENCE

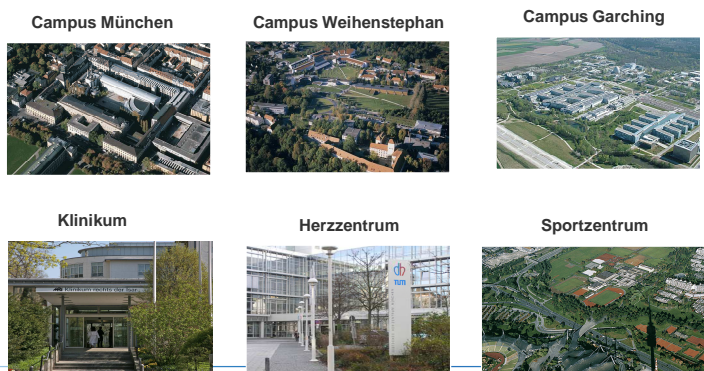
*Wolfgang A. Herrmann, President Technische
Universität München*

First of all, I would like to thank Professor Helmut Schwarz (President of the Alexander von Humboldt Foundation, Bonn) and Professor Garcia Echevarría (President of the Asociación Alexander von Humboldt Foundation, Spain) for the invitation to speak to you today, which I immediately accepted with great pleasure for two reasons. First of all, the motto of this year summer course - "Humanism, Science and Society" - is addressing a linkage vital for the success of any modern knowledge-based society. Secondly, because I very much appreciate the opportunity to present to you, a selected group of outstanding leaders, some hands-on experiences from the

reforms and measures we have implemented at TUM in order to become what we are today: an “elite university.”

The topic of my speech today “Public Responsibility of Scientific Excellence” has a wide spectrum which involves not only aspects of ethics and morality, but also aspects of public responsibility carried out by universities. We are all aware of the key role that universities play in nowadays knowledge driven society. The universities must serve the needs of their society. Progress in science makes the role of universities particularly important in the promotion and modernization of science teaching and its coordination at all levels of education.

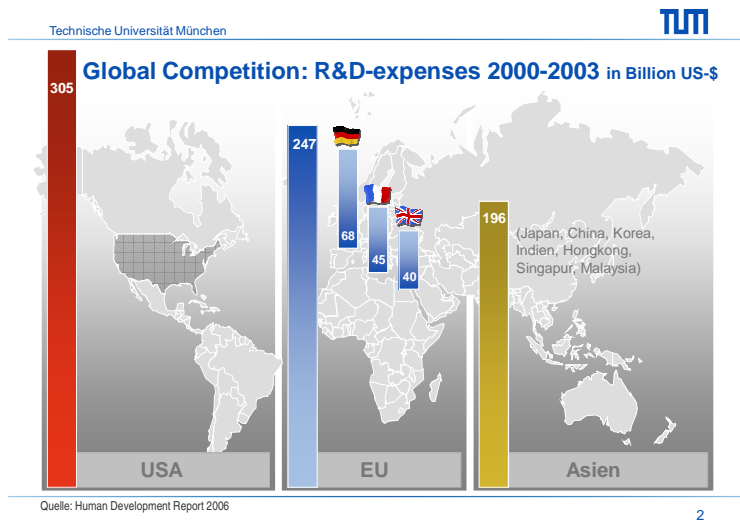
TUM. Locations



Today, more than ever, science and its applications are indispensable for development. Technological development requires a solid scientific basis and needs to be resolutely directed towards safe and clean production processes, greater efficiency in resources use and last but not least environmentally friendly products. Science and technology should also be resolutely directed towards prospects for better employment, improving competitiveness and social justice. In fact, Science and technology must be seen as inextricably tied into broader social, cultural, and political contexts, addressing and raising important socio-ethical questions.

Technology development requires also a strong education policy in order to promote scientific research in the acquisition of knowledge, in the training of scientists and in the education of the public. The education policy in general as well as the academic policy specifically have become the vital questions of the nations. Given the big challenges of the future and the intensive global competition there is just one central answer: Education and Research! In short words what I want to say is that in an industry and scientific society the universities are the keystone of an active education policy and the base of an active scientific policy. No one disputes that the key of a sustainable development in the international competitiveness lies at the universities.

We need to bear in mind that intellectual capacity is spread all around the world with ever disappearing barriers. Massification and globalisation are driving changes in the setting of higher education and also at the European Academic Community. European universities are competing on a global market. For this reason I would like to underline the context of the European universities with the rest of the world. It seems as if global trends affect universities in Europe just the same way as they affect universities elsewhere in the world.



Specially the universities, which are directly serving the needs of extremely fast growing economies, are calling for innovations, like in China, The Far East, India, The Middle East, and

above all the US on top of the list of countries most attractive for scientists and students. The international competition in new knowledge and technologies is getting stronger and stronger. Sometimes you will find the truth of the slogan: “High skills at low cost”. Europe in contrast, is facing a process of de-industrialisation, a shift of manufacturing relocated to relatively low-wage economies elsewhere. Besides, countries like Germany, England and France are going through demographic changes that are simply frightening.

If we define the process of innovation as the response to market opportunities through organisational change and new ways of developing high value products and services, then we clearly observe that Europe’s universities are lagging behind. One of the most important calls – if not the most important call – for an excellence university is to better translate research excellence into commercial opportunities. The pull on the research base by business in Europe has become rather weak, as we can see by the persistent relatively low spending in R&D. By way of comparison, in the US for instance, the spending on higher education from private sources is seven times higher than in Europe.

It comes as no surprise that world-renowned universities in the States and elsewhere have a few elementary characteristics in common. They operate with comparatively little bureaucracy, provide generous sources of funding, only accept

the best qualified candidates for admission both on the staff side as well as among students, and last but not least pro-actively network through alumni clubs.

European Universities:

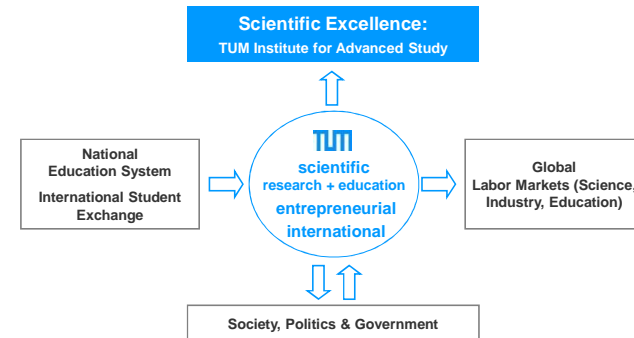
<u>The Potential</u>	<u>The Challenges</u>
1. 4.000 Universities	1. Fragmentation in Systems
2. 17 Mio. Students	2. Ignorance of Business Opportunities
3. 1,5 Mio. Employees	3. Lack of Flexibility
4. 435.000 Scientists	4. Over-regulation
	5. Under-funding

In Europe, we count more than 4.000 universities, 17 million students and roundabout 1,5 million employees, thereof 435.000 scientists - an enormous potential. However, these capacities are not being used to the fullest satisfaction. Fragmentation in systems, ignorance of business opportunities, lack of flexibility, over-regulation and serious under-funding are some reasons why Europe is lagging behind in the competition for knowledge and market-led innovation.

Europe now expects its universities to perform an

even wider role, enabling civil society to meet the challenges of the twenty first century. Climate change, energy issues, increasing longevity, the rapid pace of technological change, growing global interdependence and rising economic inequality both within Europe and between Europe and other continents: all these require investigation, fundamental research as well as technological and social innovation which will solve problems as they arise and ensure economic success combined with social stability in many different societies. The universities of Europe, themselves diverse, are together ready to meet these challenges.

TUM: serving society's needs



Being aware of the challenges we have to face nowadays and in order to be prepared for this new situation TUM has taken the initiative with some

effective instruments. One instrument is for example the choice of the students, another one the international headhunting for excellent professors as well as administrative fees as third-party funds for teaching.

Excellence Initiative 2006

„ ... promote top-level research

and improve the quality of German universities and research institutions, thereby making a significant contribution to strengthening science and research in Germany.“
1,9 Billion € (2006 – 2011)

Financed by federal (75%) and state governments (25%)

Three funding lines:

- Graduate Schools
- Research clusters
- Institutional strategies

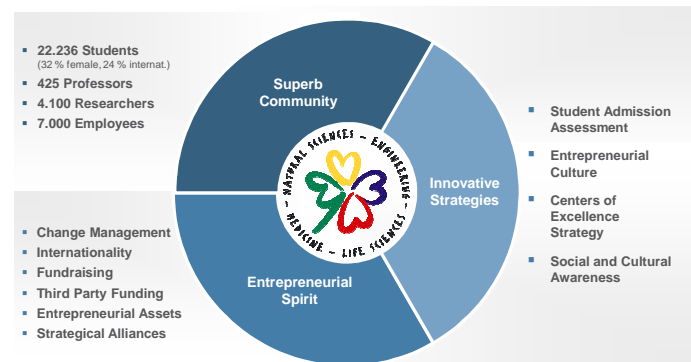


Teamwork

Due to these reforms implemented in the past years the TUM was awarded 2006 the label of “Elite University” within the scope of the Excellence Initiative by the Federal and State governments in Germany. Our aim is provide academic education alongside international top-level research and excellent teaching. Our graduates are active throughout the globe, our professors are acting in an international platform. The secret of our success comprises numerous components: competence in one field of special

interest; communication with associated departments; cross-curricular, transdisciplinary team spirit, alliances with research institutions like the Max Planck Society or the Helmholtz Association and a close cooperation with the industry like BMW AG or Siemens.

TUM. Competition. Internationality. Responsibility.

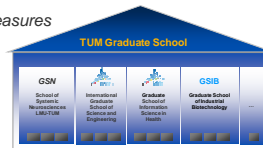


Our Institutional Strategy “TUM. The Entrepreneurial University” supports and advances the existing TUM strategy and promotes top-level research on multiple levels. In this context ‘Entrepreneurial Spirit’ means to activate the diversity of human talent in a concerted, interactive way. In terms of top-level research, it entails combining a maximum of individual freedom with a supportive administration.

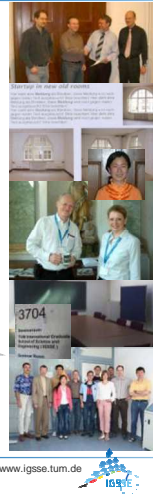
International Graduate School for Science and Engineering

Develop a new way of graduate education at TUM:

- Bridge the cultures of science, engineering, and medicine
 - *multidisciplinarity building on disciplinary excellence*
- Prepare young scientists for cosmopolitan leadership
 - *international recruiting & networking*
 - *Research training program*
 - *gender mainstreaming measures*
- Establish the basis for the future TUM Graduate School



International Graduate School of Science and Engineering – www.igsse.tum.de



TUM has presented, under the Excellence Initiative of the German federal and state government, a very successful path in an integrated approach to overcome political fixed structures and subsystems. The TUM International School of Science and Engineering (IGSSE) and Institute for Advanced Study (IAS) are building the structure for the future of TUM. IGSSE aims to integrate Natural and Engineering Sciences through graduate and postgraduate education rooted in a strong research foundation, while IAS concept allows not only selected guest scientists but also our best faculty members to conduct top-level research while offering young scientists the chance to develop their talents in the inspiring environment of outstanding senior scientists.

TUM Institute for Advanced Study



- Top researchers have the freedom and the resources for innovative projects (*Interdisciplinary – high risk, high reward*)
- Interaction with the next generation of talented researchers (*Academic education*)
- Integration of outstanding guest researchers



“An intellectual incubator for groundbreaking research at TUM”

TUM promotes careers at all levels, from identifying capable high school students to reaching out to emeritus professors. These services for all members of our community contribute to relations between the university and the society. The project EducaTUM for example supports best teaching practice and promotes the search for High-School talents. Volunteer TUM professors and their teams are building bridges to ‘their high schools’. This has considerably improved the understanding of attitudes, interests and capabilities of the next-generation of university students. In the “Emeriti of Excellence” program outstanding emeritus professors will be given the opportunity to pursue research at TUM. The

accumulated experience and knowledge will not get lost.

Service for all members of our community

Supporting research careers at all stages: finding talents, providing excellent education, supporting careers of young scientists, creating excellent research environments for top-level scientists, integrating alumni and emeriti

Example: High School Activities

Science Lab for pupils at Deutsches Museum: creating fascination for science
Teacher stipends: reconnecting educators to research
Partner high schools



Example: Emeriti of Excellence

Active researchers receive continued support beyond official retirement
Experience of outstanding scientists not lost: Emeriti become active advisors of TUM management



There are several approaches to reform rigid structures unsuitable for a changing research environment. What we did at TUM in order to improve conditions for geographical and intersectoral mobility is to provide services through our TUM International Office or also our newly established Munich Dual Career Office. With this service for our community TUM wants to offer a comprehensive jump-start support for spouses/partners of top-level scientists, providing an efficient and positive integration of academic staff inside and outside the academic context and the city of Munich. The Munich Dual Career Office addresses the needs of spouses/partners of top-

level scientists of TU Munich (TUM) and the Max Planck Society (MPS). Besides academic employment issues, other major topics are career planning, career advice as well as continuing education opportunities or educational counseling for the whole family.

Fostering gender Diversity at TUM

- More than 7 million € for new projects until 2011
- Supporting academic careers of women: specific research support programs, dual career appointments
- Family support: 2 new childcare facilities planned
- Already implemented: Parental Leave Compensation Fund, Home Offices
- Gender Research: Annual Liesel Beckmann Symposium



LIESEL BECKMANN SYMPOSIUM Gender in Science and Technology

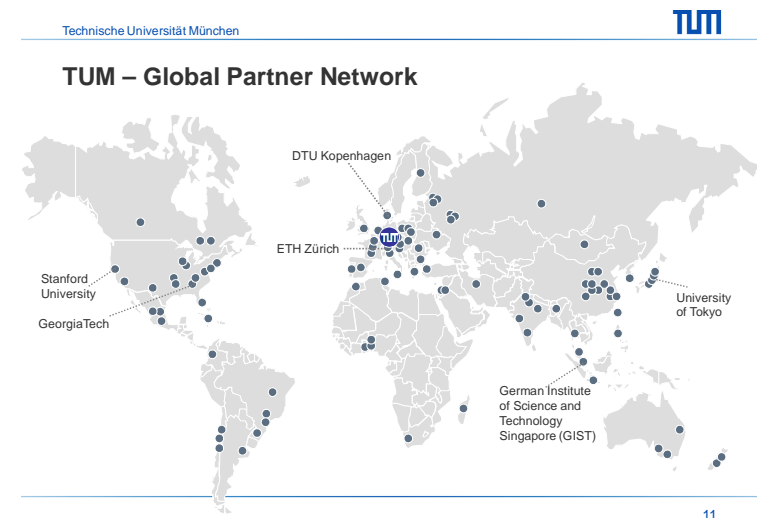


Equal access to science is not only a social and ethical requirement for human development, but also essential for realizing the full potential of scientific communities worldwide and for orienting scientific progress towards meeting the needs of humankind. The difficulties encountered by women, constituting over half of the world's population, in entering, pursuing and advancing in a career in the sciences and in participating in decision-making in science and technology should

be addressed urgently. TUM wants to become Germany's most attractive Technical University for female students and scientists. Gender-equitable and family-friendly measures are central for an “entrepreneurial university”. The development of flexible working hours geared to individual lifestyles makes it easier to combine career and family responsibilities (children or elderly relatives), sabbaticals, extensive travel and further studies. It is not only in the interest of university members self-organization but also as an incentive for prospective job candidates, that flexible working models and child care facilities will become increasingly available.

The international character of fundamental research should be strengthened by significantly increasing support for long-term research projects and for international collaborative projects, especially those of global interest. TUM has developed international strategies with partner universities to encompass both teaching and research activities, seek to balance cooperation and competition and target specific geographic areas. This is the case of GIST “German Institute of Science and Technology” in Singapore, a subsidiary of the TUM and the first German academic venture abroad. Through its groundbreaking collaboration with Singapore's two leading universities - National University of Singapore (NUS) and Nanyang Technological University (NTU) - the TUM has pioneered globalization of German universities by creating

the partnership GIST. GIST combines the scientific, technical and business expertise of the East and West to offer its students a unique education experience that carries them successfully across geographical and cultural barriers in areas like industrial chemistry, Aerospace Engineering etc.



The entrepreneurial age we live in determines that universities no longer prevail in leading positions if their excellence is being cultivated in an isolated manner, decoupled from business needs and opportunities.

Universities-business-collaboration is a process of “Co-Innovation” with knowledge transfer seen as a core mission of universities. There are promising initiatives out there. One example with the Industry: TUM and

Siemens founded the Center of Knowledge Interchange (CKI) in order to connect practical experience, Know How and expertise to produce innovations in a shorter time.

Technische Universität München 

TUM. Alliances.

- Luft- und Raumfahrt, Automobil 
- Energie 
- Kommunikation und Information 
- Bauwesen 
- Weiße Biotechnologie, Katalyse, Verfahrenstechnik 
- Medizintechnik 
- Agrar-/Lebensmittelwirtschaft 
- Finanzmärkte, Versicherungen 

12

In my view, the key to success of an excellence university is threefold: education – research – innovation. We need to share good practice. We should not miss out on opportunities to transfer scientific findings, intellectual properties, patents and licences, for example through starting companies or technology centers on-campus. In the case of intellectual property rights, they need to be appropriately protected on a global basis, and access to data and information is essential for undertaking scientific work and for translating the results of scientific research into tangible benefits

for society. Measures should be taken to enhance those relationships between the protection of intellectual property rights and the dissemination of scientific knowledge that are mutually supportive.

For universities, the adaptability and flexibility required to respond to a changing on society and to changing demands relies above all on increased autonomy and adequate funding, giving them the space in which to find their place. At TUM, we certainly do hope to have created an adequate platform to acquire funds for large-scale research projects by means of the “European University Alliance in Science & Technology” together with currently two excellent partner universities, the Technical University of Denmark (DTU) and the Technical University Eindhoven.

Ladies and Gentlemen, we have to keep in mind that the progress in science and technology must to be accompanied by public responsibility and social conduct. Universities are involved in the responsibility for scientific advancements, science and technology for people. This is the key role for our society. In our capacity as an university, we have to pin our hopes on the vast range of human skills, identifying and sponsoring talent. It becomes eminently important to examine the way we have chosen. This is the only means of establishing a conscious connection with the effects of our actions. It is the basis for taking responsibility.

Finally, it was my intention to give you, the audience, some good and successful examples of our experience for the care of Public Responsibility of Scientific Excellence. TUM will continue to pursue its policy of supporting research careers at all stages serving all members of our community and having responsibility of our social function as elite university.

Furthermore, if you have any questions on the details of this mentioned actions and initiatives please don't hesitate to contact us under www.tum.de.

HUMANITY ON THE COMMANDMENT OF NEIGHBORLY LOVE

Volker Gerhardt, Vicepresidente de la Academia de Ciencias de Berlín, Catedrático de Filosofía y Bioética, Universidad Humboldt de Berlín

The commandment that “thou shalt love thy neighbor” is one which an angry God gave his people, written in stone, in order that the antagonism between them might have an end. As we know, that antagonism began in the very first generation of humankind, with fratricide.

Apparently human nature does not provide a sufficient guarantee for a neighborly feeling to one's neighbor. Even those who love one another are only rarely united in sentiment for any extent of time. The presence of erotic love is, like familial relation, no guarantor that individuals get along. Spouses hurt one another, parents neglect their children, and even kill them. And children

sometimes never succeed in relinquishing their hatred of father or mother, even after they have passed on. The story of Cain and Abel shows us how things may end among brothers.

That even the most upright man cannot live in peace with a bad neighbor, is proverbial wisdom, and it goes for both private and political life. In the end, we may turn our eye to every sphere of life and action in which human beings pursue common goals. We shall quickly see that neighborly love is seldom in evidence here. There is a climactic expression in German which says it all. The progression of the climax goes like this: enemy, mortal enemy, party comrade.

There is, then, no genetic or natural basis for loving one's neighbor. Geographical proximity and historic connectedness are not sufficient to make people friends. Most disappointing of all: even in those cases where people come together to pursue common goals, neighborly love is not the rule. At work and in competition for influence and income, the most poisonous enmities may arise. If neighborly love is to be, then it must be given in the form of a commandment.

Of course the fact that there is envy, dissent and conflict among men does not mean that there definitely is no love between them! To the contrary: thanks to our own experience with those dear to us, or with those with whom we wish to be close, we all know eros, agape, amor, caritas, pietas or

indulgentia. Compassion is one of our instinctive feelings; I doubt there is anyone who is completely devoid of it. Even those who rightly are on guard against compassion (with a view to their own weakness, perhaps, or in anticipation of another's malice) are nevertheless completely free of compassion.

The extent of certain individuals' compassion and willingness to help can even be astounding. Emergencies tend to produce examples of self-sacrifice in action. When catastrophe strikes in distant lands, people are often willing to donate money and send aid. In fact, a poll conducted in Germany this summer indicates that people do not, at least as a rule, think egoistically, but do indeed identify themselves with what they perceive to be the interests of others. And if this is so in Germany, then, I think, it can only be even more so elsewhere.

And yet: human compassion is not realized in all the circumstances of human interaction with the regularity one might wish. That is why it must be commanded. The same goes for all those ethical and moral principles the following of which does not occur automatically, and which requires self-overcoming – which is not to say ethical rules necessarily have to cause pain. One who acts out of a moral intuition of human compassion without being commanded to do so also acts ethically.

But why should we love, or at least estimate or

tolerate our neighbor? Why should we care about others, especially when they are foreign to us or when they are nasty or seem to be dangerous? Should not the overriding moral commandment of truthfulness require that we not feign or simulate a brotherly love which we do not really feel?

Whoever thinks otherwise must be asked as to whether a feeling may be commanded. Can one have the obligation to feel love, or at least compassion, when there are sound reasons for indifference or when the antipathy is based upon a visceral, even a physiological reaction?

These are not the only questions which may be asked in connection with the commandment of neighborly love. We may also generate a problem from the exclusive reference to neighbors in this commandment. If love of our neighbor is not a matter of course, then how are we to expect that all people become the object of empathetic feelings? Even assuming that we have fond relations to our own brother and sisters – how should it be possible for us to “embrace millions” as our brothers and sisters, as Schiller says in his Ode to Joy?

And even if someone should think that possible: Why should we limit ourselves to human beings? Don't animals, too, have a right to be the objects of our compassionate sentiments, particularly those which are close to us in their mode of living and expressions? When we see how affectionate and

needy they are, and when we consider the great affection of friends of animals, then it appears thoughtless and arbitrary to limit the commandment of neighborly love to relations with other human beings. Our genetic proximity to all living things, even the blade of grass, the root of a bearbire, or the primrose, could seem to be an argument for the extension of humanity to all living things.

In the end, we cannot avoid the question as to what is particularly worthy of care and attention in humanity. Aren't we making a bit much of ourselves when we so emphatically demand emotional attention for our own kind? Is an arbitrary Other really worth the self-overcoming of every individual? Is his claim to humanity really in line with human means? Is there not an imperial egoism of the species behind the façade of humaneness? And isn't the talk of Humanism just designed to help us to good conscience in the face of continually ugly deeds?³

³ Perhaps it is like this: in the course of civilization, we came to feel the need for an argument in favor of our exploitation of nature for only our own ends. As soon as we could no longer justify this only with the word of God (“make the land unto your own”), we had to find a *secular justification* for the exploitation of the earth. This was found in *Humanism*, with which we connected a certain right to subjugate and control all things insofar as we possibly can. Perhaps the development of *Humanism* – parallel to the development of modern science and the loss of the church's power in the age of Reformation – may be tied to this intention to legitimize our claims? In this case, humanity and *Humanism* would both simply be the

These questions are of course only re-capitulations of questions formulated by others. I never would have raised them myself. I believe that a look at the intellectual history quickly tells us how they are to be met. Yet in the global debate on the place of man in nature, these questions are constantly an issue of emphatic contention. And that is why we cannot ignore them – particularly considering our neighborly duty to those who seem to be losing their belief in man.

In the following very short attempt to address these questions, I shall proceed in five steps:

In the first step I ascertain that there are indeed good reasons for friendly accommodations among those who populate the same geographic space. If we assume that they possess the faculty of judgment and are autonomous individuals, then the mere fact of their existence forces them to tolerate one another, and this in direct proportion to the degree in which the risk of mutual harm is given. If it is recognized that living and letting others live is advantageous for all, then it is also advantageous if all those involved may also expect to encounter open and attentive fellow human beings with whom the opportunity for unreserved cooperation exists. Goodwill is required in order to be able to live with one another, especially when

expression of a shameful speciesism, comparable in type to the barking of a dog or the stag's bellowing.

one pursues long-term life-plans for oneself and one's own.

In a social context, egoism is bound up with care not only for those who are in my immediate vicinity, but also for people with whom I am connected through a distribution of labor. This already mitigates selfishness, the importance of which is, according to the results of socio-biological research, in any case much less than assumed in previous theories by philosophers such as Kant and Hobbes. Egoism may include families, friends, colleagues, and (under the assumption of ideas) even a nation or all of humanity. We are bound by common aims, and we pursue goals of action which require by their very nature that each of us find fulfillment in pursuit of those ends which connect us all.

Of course this is a construct, but it is confirmed by experience, even though we also know that conflicts and opposition may have a productive function for both individuals and organizations. Antagonism between individuals constitutes an important aspect of social cohesion in political societies. Adam Smith, Immanuel Kant, Wilhelm von Humboldt and John Stuart Mill all rightly recognize it as a driving force of social dynamics. That Karl Marx sought to eliminate such antagonism was one of his greatest misunderstandings.

And yet the “unsocial socialibility” of man (as Kant

says) must not lead to the self-destruction of institutions; to the contrary, it can stimulate politics so long as it is governed by rules which allow that there be an opposition, but which punish the destruction of those who oppose the consent. In the market of the economy, but also in science, art, sports, fashion, erotic affairs or politics, this social antagonism may not be allowed to exceed the bounds prescribed by mutual respect. And this respect is promoted by the love of one's neighbor. For respect, which is an emotion caused by reason, can profit by neighborly love.

Secondly, I must briefly speak of the disappointment which man causes himself through his own weakness. Whether we take our lessons from history or from a chronicle of current affairs as documented in the media, we see that man is in many cases such a ruthless, morbid, bellicose, selfish and murderous creature, that a true affection for his species is not even an option, not even by the greatest stretch of imagination. Think of all that we would have to find good if we were to unconditionally affirm man's existence as it was and still is: If figures such as Hitler, Stalin or Mao Tse-tung, Himmler, Eichmann or Carl Schmitt are an integral part of humanity, then it would seem better to have nothing to do with us. In this light, Humanism might seem to be an unreasonable imposition, or even an attack upon the self-respect of the individual.

Modern literature not seldom is passionately

engaged in showing how evil human beings are. Whole literary careers of the last century were based upon the endeavor of telling the story of how bad we are, and there is reason to be thankful to these authors. Writers such as Ionesco, Beckett or Celan, and theorists such as Günter Anders, Cioran, Lévinas or Nicolás Gómez Dávila need not exaggerate in order to substantiate their claims concerning man.

It is thus obvious that we may not hope to simply fall in love with humankind upon the basis of its charm. We will require also in future good reasons which convince us even against our own doubts and resistance that neighborly love and love of humanity are not just advantageous, but may in fact be understood as a marking characteristic of each individual. How is this possible?

In this connection, I would like to move to a third step in developing a systematically motivated point. This point is perhaps a bit difficult, but I hope that it may nevertheless be appreciated. Here we must show why we have reason to value not only our neighbor, but even those who are not currently part of our so-called neighborhood. We also have cause to value and respect humanity as a whole, which is to say: the entirety of human beings.

In order to show this, we need nothing more than the conviction that it is sometimes necessary to act seriously. The securing of life and livelihood, the

quest for knowledge, the search for adequate artistic expression, training for athletic success or even the courting of a lady: all these are cases in which, as we may assume, people are engaged in action with serious intent.

If we act in this way, then we are convinced of the rightness of our ends, and we are usually also convinced of the appropriateness of the means which we employ for these ends. Whatever we may think about the relation of means to ends, in the moment in which we act with serious intent, or even speak with such intent, we require some purpose and a way which is considered appropriate to it.

Ends and means, goals and ways are things which we may only apprehend through the faculty of reason. Moreover, it is human reason which sets ends. For in the chain of nature there are no ends. In the cause and effect of physical processes, ends have no place. If we nevertheless believe that we discern ends in other beings, in the procession of the seasons or in the cosmic revolution of the stars, then it is on account of the fact that we bring these ends into nature with the help of our reason.

This recourse to reason seems suspect to many contemporaries. They fear the metaphysical baggage which allegedly is attached to reason. Yet the functions of reason are anterior to any possible metaphysics. They consist in nothing other than

the capacity to draw inferences from given insights to other insights, which we then call the ground, purpose or meaning of a certain process. Reason supplies us with conceptual unities, without which there would be nothing to understand: and without reason, we would have neither those meaningful unities, nor reference to anything which could be the object of a meaning. In that case, we could speak neither of actions nor of intentions; there would be no concept of man at all, nor of persons or institutions, and a fortiori then there would be no concept of the capacities and roles which may be attributed to them. Reason causes us to understand what something means in context; it provides our convictions with reasons and gives our actions a meaning which is intelligible, as least for us.

Assuming, then, that we act with serious intent, then it is necessary that we wish for our capacity of reason to remain intact. As this capacity is the condition for our ability to give some meaning to our actions, we may call it the highest value in human life. There may indeed be more valuable states of affairs or capacities in human life. But without reason there is not the slightest chance of attempting such a valuation. Thus, in the last analysis, the highest priority in human life is to maintain reason and the freedom which is operative therein.

When we are so far, we see the essence of the commandment which is included just in the

earliest formulation of the fourth Mosaic law: “thou shalt love thy neighbor”. God’s imperative is addressed to a single person, and the so addressed individuum has to understand it by himself, so that it is able to follow the rule by himself. By this we see, that the commandment of God (or of society) is to be transformed in a self-commandment. All ethical rules, even the appeal to humanity is grounded on an imperative that everyone has to give oneself. -

Once we have come thus far in our reflections, we already find ourselves at the goal of this third step: for we now need only admit two further things: first, that reason, as far as we know, is only present in human beings; and second, that man and his faculty of reason can only survive so long as man remains in a cultural interrelationship with others of his own kind.

With that, we come to the following point. Whoever seeks to maintain an understanding of himself and his world, and be it merely out of an interest in the success of his own action, that person must also be interested in the preservation of fellow man. For only in this way may reason be preserved – reason, without which man would not even be able to understand himself. And whoever seeks to preserve reason, which is necessary for any valuation whatsoever, must secure the existence of fellow men. That is why everything in fact does depend upon mankind and, in particular, individuals, who – however weak, bad or evil they

may be – are required as the guarantors of reason. Thus whoever cares about himself and his own capacities has good reasons to maintain an understanding and cooperative environment.

Thus those who seek to lead an independent and self-determined life must value their fellow man, must treat him in a way which is open and understanding, and must feel the duty to respect him. There are no exceptions here, for in every individual human person we must see ourselves; and in this respect every other person has, like myself, the faculty of reason, to which the freedom of the use of reason also belongs. In this, at least, all men are equal. And in their totality they constitute the cultural framework of interrelation to which each of us owes our reason.

This argument for recognizing the humanity in all men goes even for the worst-case scenario, that of the extreme egoist, who however probably only really exists in the treatises of philosophers. Realists, on the other hand, who do not just admit in certain terms how much they are dependent upon others, but who in their own experiences and observations are actually alive to how enlivened and quickened they are by contact with others – such realists already know how satisfying and blissful neighborly love and the company of friends can be. And presumably they also know the affective and intellectual profit won by cultivating openness to those who are foreign. They need not be persuaded by the argument sketched in this,

my third step.

The fourth step consists in a small correction of the historical portrayal of Humanism, which in Germany has once again become more the object of bemused contempt than that of true esteem. Some criticize Humanism on account of a certain nausea which has set in as a result of hearing many humanistic sermons: for them, Humanism is simply boring. As we see in the case of Friedrich Nietzsche, the thesis that Humanism is boredom-inducing may be connected with the belief that mankind has become historically old and no longer has a future to challenge it. The diligent and zealous search for alternatives to modernity, which is now somewhat more than a century old, is an indicator that man is now considered to be decadent; as a being who has become uninteresting and mediocre, and who moreover has no future.

The late Romantic elitism of this view suffers from the contradiction that the view itself is the product of people who apparently cannot wait to leave their own present-day behind them. They attribute to themselves the youthful vigor which they deny their contemporaries. And in so doing, they refute the objection that Humanism is antiquated. But their posturing shows that precisely the sharpest critics of humanity place the highest demands on it.

There have been attempts, in the fashion of

Heidegger, to declare Humanism an inconsequential and idle talk which becomes hollow in the face of authenticity. These are not to be taken particularly seriously. With reference to Heidegger's hate letter to Humanism, some feuilletonistic writers have attempted to trivialize the European tradition of Humanism. They say, this tradition consists only of "letters" without consequence. That is false for several reasons which become sufficiently clear if we cast a glance at the founding fathers of Humanism, Pico della Mirandola, Thomus Morus, and Erasmus of Rotterdam; but it is testified also by the examples of Spanish Humanists such as Las Casas, de Vitoria, Suarez, or Gracian; and to these may also be added other European Humanists such as Comenius, Grotius or Christian Thomasius.

There is another persistent prejudice in regard to Humanism. According to this, the ancient inaugurator of the idea of humanity, namely Cicero, did not formulate this idea with a view to man, but rather merely with regard for his upper-class colleagues in the Senate. The principle of humanity – which, incidentally, is fundamental to his theory of obligation – is, we are told, merely the expression of an ideal of ancient Roman aristocracy which lost its validity with the demise of Roman class society. Almost all German historians repeat this in one variation or another. They only differ in their evaluation of the current importance of humanity. In this regard they grant the Humanism of the Renaissance the kind of true

universality which may be expected of an ideal of humankind. But the suspicion that Humanism is just an ideology remains.

However, if one reads the text of *de officiis* carefully, then it quickly becomes clear Cicero had every human person in mind, and that his concept of *humanitas* applies to all men. For he ties the obligation of human compassion to that of truthfulness, which must be attributable to all persons, especially those who live in social dependence. How else could they be useful as soldiers, tenants or housemates?

And there is a further factor to be mentioned in this connection. In his political philosophy, Cicero sketches a global panorama of humanity to which all people and peoples in all parts of the world belong. Rome is only the historical point of departure of this reflection, which extends to encompass, without exceptions, the entirety of humanity.

This is, incidentally, also true for the modern idea of humanity, which cannot be reduced to an intellectual instrument of power on behalf of Eurocentrism. For the critique of European imperialism and colonialism, too, is made in the name of humanity's claim to freedom and equality. In this way, even European self-criticism is founded in Humanism.

All in all, I believe that it is not too much to say

that Humanism is a movement which came from antiquity, which gained ground in the early modern era, and which became closely connected to the rise of science and technology. Its eminent actuality and reality today is expressed by the fact that we found our entire political culture upon human rights (and with "we" I do not just mean "we Europeans").

The historical potency of the idea of humanity is in fact shown in the concept of human rights, the historical origin of which may be found in two Spanish Dominicans and one Spanish Jesuit of the 16th Century (to say it again: I mean Las Casas, Francisco de Vitoria and Francisco Suarez). And if we measure up the task of anchoring human rights in constitutions around the globe and insuring their realization, then we may say that the age of Humanism actually is yet to come. If politics is to promise a humane future, then it must stand under the auspices of humanity.

In closing, I shall sketch in a fifth step the reasons why Humanism does not entail speciesism. It is neither the ideology of ancient Roman aristocracy, nor a subtle instrument of manipulation in the hands of European imperialists. And it is also not a life-long illusion with which humankind attempts to convince itself of its inherent pre-eminence over other forms of life.

The pre-eminence of man does not emanate only from the use of those physical means which

determine victory and defeat in the evolutionary fight for life. The biological dominance of man lies essentially in the capacity of human thought to objectify things. Man grasps himself in a sphere of encompassing objectivity which arches over all cultural relativities, and thus allots him, in an objective way, the rightful place of a solicitor of things and situations.

It is thus man's intellectual constitution which makes him responsible not only for himself and his own kind, but also for the conditions of his existence. Insofar as he recognizes things, as he thinks, and seeks to act in accordance to his own insights, he cannot disclaim his role as the master of his own life. And since knowledge shows him the inter-relation between his life and the life of other things, he is responsible for the relationship which he thereby recognizes through this knowledge.

This connection allows us to meet the objection that Humanism is merely a species-centered kind of anthropocentrism. In the claim to humanity there lies an objective title which justifies the legitimate pre-eminence of man among living things. Without the rights bound up with human capacities, talk of humankind's responsibility for nature would of course be empty. But this responsibility only extends as far as human power does. In this, too, might and right are necessarily conjoined.

That there is human responsibility for the conditions of our existence, to which the existence of plants and animals also belongs, is accepted today. There is however a condition upon which this responsibility depends: if humankind has the responsibility for this world, then it also has the right to dispose of it. And to this right further obligations are bound, obligations which may be briefly illustrated with the following remark:

The capacity to gain knowledge grants human beings many opportunities for action which other living things do not have. But it also includes the obligation to orient himself by his knowledge. We know that there are many possibilities for shunting the knowledge we have. But with time, and in a community of independently thinking individuals, insight into the nature of things generates an objective necessity which, already on moral grounds, we cannot resist. Truth and truthfulness oblige us to be true to that which we have recognized to be the case. In the name of truth we can even have the pathos to follow our knowledge in cases in which this requires us to correct ourselves. In this way, man changes himself as a result of his own insight.

This means that man, in giving precedence to the objective relation of the world as he knows it, relativizes himself. And so he must submit himself to be taught even by plants and animals, if his knowledge so requires. His dominion is therefore not arbitrary, and it does not obey the blind

impulse of an instinct to preserve the species. It is rather bounded by the truth of a world to which more than just man belongs. In this way, man is subject to the things which he recognizes through knowledge, even as he brings these very things into his disposal by means of such knowledge. So Humanism which is founded upon freedom and – as this last remark shows – grounded in knowledge is thus not so much a burden for other living things as it is a burden for man, who must bear it in freedom and with responsibility to himself. His knowledge obliges him to maximize the harmony between himself and the world he recognizes through knowledge.

But he cannot know to what degree he succeeds in this. In this he can only trust in God, a trust which was natural for the great Humanists.

And so we see in the end that there is a special relationship between Humanism, freedom and knowledge. And at the definite end of my lecture I hope that there is some symbolism in the fact that representatives of Spanish and German academic institutions have assembled to confer on this topic.

A NOTE ON SCIENCE, HUMANITIES AND THE WORLD'S PROBLEMS

*Antonio Fernández-Rañada, Universidad
Complutense de Madrid*

INTRODUCTION

When speaking about the science and the humanities C. P. Snow⁴ immediately comes to mind. He coined the expression “the two cultures” to describe this divide from his unique position as both physicist and novelist, for several years a scientist by day and a writer by night. We should really consider more than two cultures, including the social sciences and the arts, for example. However, the discussion is simpler if we speak of just the two and we will not miss any important aspect of the question as a result. Note that we must understand that culture is anything that, transcending the pure biology, is aroused by the daily action of living. This then is the meaning of

⁴ C. P. Snow, *Las dos culturas*, Alianza, Madrid, 1987.

the statement: anything that is not nature is culture.

Indeed, culture is what follows nature and continues in driving biological evolution, giving rise to *Homo sapiens*, along a second evolutionary phase of a social type, which has been operating for at least several tens of thousands of years. One of the strong driving forces that pull strongly in this process is science, not only thanks to its practical applications that improve our lives, but also because of the new perspectives on the universe, matter and life that it is continuously offering us. So anyone who claims the title of humanist — for whom nothing human can be alien — must be permanently open to the world of science.

But this seems not to be the case: the current gap between science and the other approaches to reality denounced by Snow remains active, wide and deep. Amid serious problems of a magnitude unimaginable not many years ago — overpopulation, environmental degradation and global warming, oppression and injustice, marginalization and poverty, new diseases and hunger,... — two confronted bands with totally conflicting interests, argue heatedly in front of a population that does not know what to think, devoid of points of reference. They are, in one corner of the ring, the radical detractors of the rationality and the search for scientific solutions and, in the other corner, their enthusiastic

defenders — the new Dionysians and the new Apollonians, as they were called by the historian of science Gerald Holton⁵.

It is not difficult to trace how we got here. We are now living amid a world of mixed feelings ranging from enthusiasm for science to its rejection, from an admiration for its spectacular results to its condemnation as a closed caste that uses a cryptic and indecipherable language. Science gives enormous power and has great prestige. But at the same time, it inspires fear because it seems difficult or even incomprehensible and because of its connection with the arms race or the environmental degradation. The public opinion feels perplexed and confused in the midst of so much power, prestige and fear.

For several decades now, and with increasing intensity, some intellectual movements can be observed that are putting into question the Modernity, that historical period with its roots in the eighteenth century during the Enlightenment. A new way of thinking emerged then across Europe, a different attitude driven by the second wave of the Scientific Revolution and the first wave of the Industrial Revolution, which led to an exaltation of the human reason, especially when people understood how powerful a tool it is to

⁵ G. Holton, "The thematic imagination in science", en *Science and culture*, editado por G. Holton, p 88, Beacon Press, Boston, 1967.

understand the world.

But many, especially sociologists and philosophers, now believe that Modernity is finished because, as is heard everywhere, Reason has already yielded everything it can and we must find something else to put in its place. What exactly is said to be in crisis? Simplifying the abundant analysis of philosophers, historians and sociologists, Modernity can be defined as an attitude of two components: the triumph of Reason set free and a unitary concept of history.

In the Enlightenment, the thought found itself free from any ties, thanks to the success achieved in the study of nature by a new science that combined the experimental method with the mathematical analysis. On the other hand, an obsession with a unitary history, understood in the occidental way, left a multitude of cultures on the outside, and served to justify colonialism and racism, or at the least, a Eurocentric attitude. But Modernity brought more than an intellectual change. Much broader in scope, it deeply affected both economic and social life. The applications of science stimulated new types of businesses, improved the communications and fostered commerce. A new concern for hygiene coupled with medical discoveries provoked a marked population increase. The economy developed intensely with the emergence of new kinds of industrialists and traders, which fostered an emerging optimism. The western world felt the conviction that the

inevitable liberation of all the citizens was near, and inevitable. A secularized hope in a new man arises in an one-dimensional history, with no possible return and understood as something purely human.

Everything seemed to justify this simple vision in the nineteenth century. Advances in chemistry allowed increases of the production of food while medical practitioners overcame or at least mitigated diseases. This opened the way for the liberation from other slaveries. Indeed, the rejection of the argument of authority *a priori* would not have been possible before the Scientific Revolution, which gave birth the new idea that any statement of fact needs to be proved, that it is possible to detect possible errors. This new right to cast reasoned doubt on established authoritative statements is a conviction established as a direct consequence of the experimental method of Galileo and Boyle, fathers of modern science. It was not by chance, therefore, that human rights were born in Europe. They could not have originated in a culture that had not previously undermined the primitive idea that the value of an argument depends on the wealth and power of those who proclaim it. Not surprisingly, this generated the myth of unstoppable progress based on science, from which only good things can be expected. A euphoric vision of history was thus established in the European culture.

But in the twentieth century this optimism began

to be shaken by the terrible consequences of the application of military technology during the First World War, and was later shattered in the explosions over Hiroshima and Nagasaki and in the horrors of the Holocaust. Since then, the arguments for pessimism accumulate: mankind has the ability to self-destruct — not once but several times over —, the planet deteriorates, the megacities generate horrible pockets of marginalization, the gap between rich and poor widens. Moreover, the reductionist obsession by some scientists to explain absolutely everything in terms of corpuscles and movement, without any space for other approximations to reality, leads to a world view that many consider cold and inhuman.

THE DUAL USE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

It became clear then that the thinkers of The Enlightenment had not understood well that science can cure and science can kill. This is sometimes expressed by saying that science is of dual-purpose; it all depends on the ethical values behind any action, an issue that lacked sufficient attention during the 19th Century. A very poignant example of this moral ambivalence is found in the case of the great German chemist Fritz Haber, a Jew who had collaborated frequently with his country's army in order to be socially accepted. Haber discovered a cheap method for synthesizing ammonia from air. This important scientific

contribution lowered the cost of manufacturing nitrogenous fertilizers, improving crop yields and thereby feeding people more easily. But he was also the inventor of the first chemical weapons, in the form of canisters or containers full of chlorine that released this poisonous gas, like siphon bottles, upwind from the enemy soldiers⁶. Many allied combatants and civilians were burned and even killed. For the former discovery he received the Nobel Prize in Chemistry 1918, as a benefactor of mankind. For the latter he was put on trial a few months later and condemned as an enemy of mankind by a tribunal formed to judge the morality of war actions. The ambivalence of science is here clearly exposed here. It must be underscored that his two discoveries were based on the same science, chemistry, applied in one case to nitrogen, in the other to chlorine.

This story had a most unfortunate lateral consequence. Haber's wife, who had known about the invention before its use and asked him in vain not to use it, committed suicide upon learning that her husband's chlorine cylinders had caused a large number of victims. The story is told in a book written by Fritz Haber's son by his second wife, and is part of a historical study of chemical weapons in which he tries to exonerate his father, partially at least³.

⁶ L. F. Haber, *The poisonous cloud*, Oxford University Press, 1986.

This ambivalence of science and technology has indeed had a very negative impact on how those in the humanities or who have other approaches to reality view science. It is like a high barrier that separates these two camps. The only way to overcome it involves a deep reflection on the ethical values underlying the use of science and technology.

ON THE BREACH BETWEEN SCIENCE AND HUMANITIES

All this has caused a deep divide in society. Today's global society does not at all share the 19th Century's optimism, when it was believed that mankind was following an ascendant path that would lead, thanks to science, to a perfect world where men would be prosperous, happy and wise. It is worth examining some views on science. Let's first consider some negative criticism⁷.

- Uninteresting criticisms to science
The postmodernists, the apostles of weak thought or the so called combatants in the so called War of Sciences (of nature and of society), most frequently sociologists and philosophers, are very active in their criticism to science and technology. The

⁷ A. F. Rañada, *Los muchos rostros de la ciencia*, Ediciones Nobel, Oviedo, 1996; 2nd edition: Fondo de Cultura Económica, Mexico, 2003, chapters 1 and 7.

members of these groups are characterized by a marked distrust of science and a disavowal of scientific objectivity⁸. They claim that scientific knowledge is nothing more than a congenial agreement between colleagues, just a cultural construct that should abandon any claim of objectivity. Science would be just a communal system of beliefs with much less of an empirical basis than what is usually assumed. A champion of this idea is the sociologist Andrew Pickering, who wrote a book on elementary particle physicists. The provocative title "Constructing quarks" explains well his view that the accepted theory of the constituents of matter is for him merely a product of cultural agreements among colleagues, without empirical basis⁹. For instance, he states, "In order to form a vision of the world, nobody has any obligation to take into account what 20th Century science says", or "Given their extensive training in sophisticated mathematical techniques, the preponderance of mathematics in particle physicists' accounts of reality is no more

⁸ G. Vattimo *et al.*, *El fin de la modernidad*, Gedisa, Barcelona, 1986; A. Finkielkraut, *La derrota del pensamiento*, Anagrama, Barcelona, 1987; G. Vattimo *et al.*, *En torno a la posmodernidad*, Anthropos, Barcelona, 1990.

⁹ A. Pickering, *Constructing quarks. A sociological History of Particle Physicists*, Chicago: University of Chicago Press, 1984.

hard to explain that the fondness of ethnic groups for their native language.”

Many scientists respond angrily, convinced that science seeks and finds truths that are objective because they can be checked at any time by other researchers by means of reproducible experiments, which are subjected to all sorts of criticism and controls. While they admit that science can not explain everything, they are convinced that it offers deep, if partial, truths on the behaviour of the world. Although science will never enunciate something that could be called “the truth of the universe” — that is the final and definitive theory that explains everything —, the amount of things that we know objectively about matter, life or man is continually increasing. These are the truths that are well established in an objective manner. Can anyone doubt that Newton's laws describe, at least with good approximation, the actual behaviour of the planets or that the chromosomes contain the DNA molecule that governs the biological heredity?

It is true that science is a human enterprise, imperfect and fallible, with occasional pathological defects, as does any human undertaking. But what is ignored by those who see it as a mere cultural construct is that the scientific method imposes a collective system of control that detects and

eliminates errors or unfounded conventions. As a result, the community of scientists becomes much more objective and reliable than any one of its members. Note especially that the system includes the repetition of the experiments and theoretical analysis by researchers from rival, even enemy, schools of thought. This explains the high level of agreement that is reached about the laws of nature, even among those who began from very different intellectual positions. This is sometimes called confluentism.

- Criticisms of science worthy of consideration As examples of criticisms of science worthy of attention, let us consider two great humanists: the German philosopher Edmund Husserl and the Czech novelist Milan Kundera.

The first gave a famous lecture in 1935 in Vienna on the crisis in the European world¹⁰. For him, Europe was the spiritual sphere that emerged from ancient Greece and characterized by a new attitude which he describes this way: "*men were then seized by the passion for the knowledge of the world, outside of any practical interest.*"

¹⁰ E. Husserl, *Die Crisis der Europäischen Wissenschaften und die Transzendente Phänomenologie*, Martinus Nijhoff Publishers B. V., Den Haag, 1976.

Husserl tries to understand the causes of the crisis manifest in the First World War and in some hints that a Second War was approaching. He attributes the crisis to a "rationalism that got lost after the Enlightenment" and the "fatal mistake of believing that science is what makes men wise". He reacts against what he sees as the unilateral and exclusive character of modern science and against "the scientific dominance of the sphere of the spirit" that leads without remedy to the "oblivion of the subject."

Kundera discusses the role of literature in today's world, contrasting the figures of Cervantes and Descartes as co-founders of the Modern Age¹¹. He claims the legacy of the former, not that of the latter, declaring that "in this age of degradation and progress", we must vindicate non-scientific knowledge whose existence is poorly known because of the preponderance of science. There are things that a novel can discover, since "knowledge is the only *raison d'être* of the novel, always emerging from a question on human society" that can only be answered understanding the world as ambiguity. He speaks of the "terminal paradox": "the Modern Age destroyed all the

¹¹ M. Kundera, "La desacreditada herencia de Cervantes" (The discredited legacy of Cervantes), in the book *El arte de la novela*, Tusquets, Barcelona, 1987.

values inherited from the Middle Age but, after the final triumph of reason, it is the irrational that seizes the world, since there is no system of values to avoid it".

- Scientific opinions

As an example we refer the reader to chapter VII, "Against philosophy" of the book "Dreams of a Final Theory" by the 1979 Nobel Prize winner for Physics Steven Weinberg¹². In that work, this famous physicist explains his conviction that we are already very close to a complete knowledge of all the laws of nature, so that we are about to reach total wisdom. We could then answer all the questions. That would be achieved thanks to the reductionism of which Weinberg is a great defender. In Chapter VII he explains his reasons for believing that philosophy not only will not have helped to achieve this goal, but in fact has been an obstacle throughout the history of science. It should be noted that not all the scientists agree with Weinberg on this point. For instance, Philip Anderson, another Nobel laureate in physics, this one in 1977, has an opinion contrary to reductionism. These two physicists have maintained a debate of great interest¹³.

¹²S. Weinberg, *Dreams of a final theory*, Random House, London, 1993; Spanish edition: Drakontos, Madrid 1995.

¹³ Ph Anderson, *More is different*, Science, **177**, 393, 1972.

It may be interesting to consider another radical example. The renowned Oxford physical chemist Peter Atkins is a decided supporter of scientism and the omni-competence of science, which means according to him that it is the only true knowledge and that it can answer any question, if not now, certainly in the future. In the development of his views he makes disdainful comments on humanities like the following one.

“That science can illuminate moral and spiritual questions should be a source of joy ... That it will do so by cleansing moral questions of the lies of the religious will not bring pleasure to the priests. That it will do so by elevating the ‘spiritual’ to a property of the complex circuits of the brain will not bring pleasure to the poets ...But it brings the deepest joy to those who value knowledge... Happily, science will continue despite the cantankerous efforts of philosophers to thwart its progress...scientists can stand aloof from the chattering bickerings of the fearful. They are busy explaining everything and bringing the Renaissance to its climax”¹⁴.

¹⁴ P. Atkins, *Will science ever fail?*, *New Scientist*, 8 august 1992, p. 32.

These are only several of many examples showing the wide and deep breach between the two cultures. But, how important is it?

SCIENCE, TECHNOLOGY AND THE PROBLEMS OF MANKIND: THE HUNGER IN THE THIRD WORLD.

Nearly a billion people are seriously undernourished (approximately 16% of the global population). This is the number of those who fail to ingest the minimum necessary dose of about 2,500 or 2,000 calories for men and women respectively, and consequently suffer serious damage to their health; undernourished children are particularly vulnerable and often die, have stunted physical development or suffer bad consequences long into their adult life. Increasing food production, storage and distribution is thus a pressing need. But a fatal law of biology opposes it; growth has its limits. A given ecological niche cannot contain an arbitrarily high number of animals or plants of any kind. If a small population of living beings — bacteria in a culture medium, trees in a valley, fish in a pond ... — are placed in a favourable environment, it will grow until reaching the maximum capacity of the habitat. Then the population will stabilize or begin to fall sharply.

The Earth had 2.5 billion inhabitants in 1950, has now about 6,000 and will probably have between 8,000 and 9,000 in 2050. Which is its natural capacity? How many people can it maintain?

The English clergyman Thomas Malthus made a terrible prediction in 1798: as the population grows faster than food production, "it will exceed the power of the earth to feed it," which will lead to major famines, and possibly to the end of the human race. His forecast was based on solid arguments, but failed because it did not take into account that the Industrial Revolution would produce a dramatic increase in agricultural productivity. That is why the technology had already defused the demographic bomb, also called "Malthus bomb," when he was making his prediction. But it was soon realized that the same effect could occur for another reason: the injustice in the distribution of wealth, about which Karl Marx insisted so much. Therefore, this prediction is sometimes called the "Marx bomb." To solve the hunger problem, we must defuse at least these two bombs.

These are the two sides of the problem: to improve agricultural productivity — which is a scientific and technical issue — and to achieve a more just social structure — which is not.

Something similar could be said of many of the other major problems of humankind — pollution, global warming, ozone hole, major diseases, and so on. One major conclusion from these reflections is

that *many of the most serious problems of mankind will be solved neither with science alone nor without science*. It follows therefore that solutions to these problems have a prerequisite: to achieve a better understanding, a collaboration and a mutual appreciation between these two cultures. Unfortunately, this seems to be very difficult if one considers the opinions previously explained.

HUMANKIND'S TWENTY-FIRST CENTURY TRANSIT, SCIENCE AND THE HUMANITIES

The preceding arguments are certainly much more than an academic debate since they have everything to do with the diagnosis and treatment of the main practical problems of mankind and to the never-ending reflection on ethics. Present world conditions add urgency to this search for the ways and means to bring mankind to a happy arrival come to the end of this century.

The capacity for destruction — and self-destruction indeed — of humankind is terrible, although the public does not perceive well the seriousness of the problem. Just one detail to underscore this fact: each one of the about fifty nuclear submarines that are now in service carries an explosive power that is more than that of all the bombs used up to now in all the wars that have taken place on Earth, including the Second World War and the wars of Korea, Vietnam, the Gulf, Afghanistan and Irak. A second detail: if all the

about 13,000 megatons in the nuclear weapons arsenal in 1990 were uniformly distributed to all the world's countries, Spain would receive nearly 3,000 bombs, each equivalent to the one that destroyed Hiroshima. On top of that, we must consider the chemical and bacteriological weapons and the possibility of culpable negligence, innocent error or nuclear and biological terrorism by organized groups, perhaps even with the help of some states.

This is a new situation, no more than forty years old, and increasingly dangerous. It is a manifestation of what the British cosmologist Martin Rees calls the "dark side of science" in a recent and most interesting book¹⁵, in which he argues convincingly that a society that becomes *highly technological* and *planetary* becomes also *more vulnerable*. *The technical advances may make it less secure, not more*. Rees makes two predictions: (i) that before 2025 a terrorist attack with chemical or nuclear weapons or an imprudence, for instance the escape of a highly lethal engineered virus from a laboratory or a computer virus that disrupts the communications in a region of the Earth, will cause a cataclysm with more than a million deaths; (ii) that the probability that our civilization will survive the Twenty-first Century is not higher than 50 %. The first one is not absurd in any way whatsoever.

¹⁵ M. Rees, *Our final Century. Will the human race survive the Twenty-first Century?*, William Heineman, London, 2003; Spanish edition. Drakontos, Madrid, 2004.

Indeed, its possibility has been confirmed by some real experiments, for instance by releasing certain aerosols from small planes and studying the way in which they fall to Earth. If they were loaded with a lethal virus, the results would be horrendous. Neither is the second statement absurd. Our civilization could collapse, though it would leave many survivors in its wake. A computer super-virus could cause an economic breakdown in a wide region, a biological super-virus could cause a pandemic or a nuclear war in the middle of the century could wipe most of us out, just to name three.

I believe that Rees' warning is worthy of consideration: the path through this century will probably be a difficult test for humankind. In that eventuality, then the previous arguments on the world problems and the two cultures would become important. It is urgent that we understand that there are diverse modes of thought, renouncing any form of superiority for any one of them. Science will certainly be necessary to handle many extremely difficult problems but we must reject the temptation to think it sufficient. This is not just an interesting academic subject for debate. This is not even a simply a single, isolated, but very important problem. It might just be a question of survival. Because, as I said before,

*many of the most serious problems of mankind
will be solved neither without science nor with
science alone.*

ENFERMEDAD MENTAL Y PERSONA

Jordi Cervós, Presidente Ejecutivo de la Sociedad Alemana de Neuropatología y Neuroanatomía y ex Vicerrector de la Universidad Libre de Berlín

Si consideramos la mente como principio de individualización de la persona humana, aparece una incógnita a resolver y es la cuestión: ¿que queda de la persona humana cuando la mente está enferma o incluso parece ausente?. Esto es especialmente actual cuando se considera que para determinadas personas seguir viviendo es algo negativo. Dentro de este mismo error se puede negar la calidad de persona a un enfermo mental. Dentro del amplio campo de la enfermedad mental queremos resumir algunas de las situaciones más comunes.

Cuando la enfermedad mental se caracteriza por un deterioro progresivo de las facultades mentales, entre ellas la capacidad de tomar decisiones y

llevar a cabo las tareas más sencillas, así como la aparición de conductas problemáticas que caracterizan no sólo la típica enfermedad de Alzheimer sino también otros tipos de demencia, es relativamente fácil mantener el concepto de persona. Entre otras cosas porque son manifestaciones semejantes a los que aparecen en el envejecimiento normal. Aunque entre la demencia y el envejecimiento hay un área divisoria, esta área no es una línea clara. Ya los médicos de la antigüedad consideraban que la vejez en sí misma era una enfermedad. Lo que es común a la demencia y a la senilidad es el perder facultades que antes existieron. Podríamos compararlo a personas que han sido ricas y se han empobrecido, pero se trata de las mismas personas. Todos nosotros tenemos experiencia a nuestro alrededor o en nuestra familia de personas cuyas funciones mentales se han deteriorado, pero en ningún momento nos parece apropiado considerar que se ha perdido la cualidad de persona. Aun cuando en estos pacientes muchas de las funciones mentales han desaparecido, una y otra vez nos sorprenden con manifestaciones propias de la persona. Hace algún tiempo el rey visitó al último presidente Adolfo Suárez, que sufre la enfermedad de Alzheimer, Suárez no supo quién lo había visitado pero se alegró por qué lo había tratado con cariño.

En otras enfermedades mentales, especialmente en las formas más graves de esquizofrenia, no tenemos tanto la impresión de deterioro de

funciones sino más bien de un resquebrajamiento de la mente. La misma palabra esquizofrenia que el psiquiatra Bleuler introdujo en 1912, indica en su origen griego ruptura de la mente. Es decir aquí tenemos el caso de un rico se ha hecho quiebra. Esta quiebra puede ser tan catastrófica como en las formas de esquizofrenia catatónica, en la que el paciente puede estar durante años sin hablar, siempre en la misma silla, siempre en la misma posición.

En estos casos se puede tener la impresión de que la cualidad de persona ha desaparecido. No es de extrañar que precisamente las enfermedades psiquiátricas fueron una parte importante del programa de saneamiento racial del régimen nacional socialista. Se consideraba necesario erradicar estos pacientes al igual que los que sufrían epilepsia u otras enfermedades mentales pues representaban una carga genética para la raza. Se trataba de un juicio completamente erróneo. Yo mismo he experimentado casos de esquizofrenia en los que existió una lógica distinta de lo común pero perfectamente coherente. Recuerdo que en la clínica psiquiátrica de Zaragoza había un paciente que se consideraba ser Dios. Se trataba de un soldador, hombre profesionalmente muy hábil en reparar pucheros y utensilios de cocina. Eran los años de posguerra y la subvención estatal que recibíamos por cada paciente era muy deficitaria, por eso era necesario reparar utensilios de la cocina viejos pues no se podían comprar nuevos. El citado paciente nos

sorprendió un día al pasar visita con la petición de que le trajéramos 13 ranas pues era algo adecuado a su divinidad. Le dimos algunos golpecitos a la espalda y dijimos que las buscaríamos. Estábamos seguros que a la visita de la próxima semana ya se habría olvidado. Pero no fue así, nos repitió que necesitaba las 13 ranas. A la tercera semana nos dijo que sino le traíamos las ranas no trabajaría más. Ya he citado lo necesario que era el trabajo de este paciente para el funcionamiento de la clínica, pues teníamos alrededor de 1000 pacientes y ya se puede suponer la cantidad de reparaciones que había que hacer en ollas, pucheros, etc.. No tuvimos otro remedio que ir a un laboratorio de fisiología para que nos dieran las 13 ranas. Se las llevamos, la escogió sin ningún comentario y volvió a trabajar. Nunca supimos qué hizo con las ranas. Lo importante en el ejemplo es que la falta de una lógica equiparable a la que tenemos normalmente no quiere decir que el paciente no tuviera ninguna lógica. Pero no es preciso acudir a anécdotas de este tipo de las que se podría encontrar muchas, para demostrar lo erróneo de la despersonalización que la ideología nazi atribuía a estos pacientes. Actualmente contamos con una serie de medicamentos que permitan liberar a los esquizofrénicos de sus síntomas, incluso en los casos más graves de catatonía que se consideraban intratables e incurables. Aunque no se obtenga una curación total de la enfermedad, se consigue que estos pacientes puedan vivir en familia y no tengan que estar encerrados toda su vida.

Por último queremos considerar aquellos casos en los que nunca se llegó a un desarrollo mental adecuado. Es decir, en sentido figurativo pobres de nacimiento que nunca fueron ricos ni lo serán durante toda su vida. Dejamos aparte los casos de debilidad mental que necesitan una instrucción especializada, con la que pueden conseguir leer, escribir y desenvolverse relativamente bien, incluso aquellos más acentuados en los que existe una imbecilidad manifiesta. Queremos referirnos especialmente a aquellos pacientes que padecen una idiocia avanzada que incluso les impide realizar funciones más elementales como el comer con tenedor y cuchillo, hacer sus necesidades, sonarse, etc. y que además no sólo no hablan sino que en algunos casos no oyen ni ven. Un caso especial es el del mutismo con inhibición del habla en todas las situaciones. El cerebro de estos enfermos puede poseer habilidades normales para el lenguaje oral, es decir el rechazo a hablar no es debido a un déficit grave del centro del lenguaje o a otro trastorno cerebral. Podrían hablar aunque fuera mal, pero no lo hacen. Pero aun en estos casos muchas veces nos sorprenden con manifestaciones de alegría o de satisfacción, cuando parecen reconocer la voz de la madre o las caricias y cuidados de la misma. Para nosotros cada uno de estos pacientes es un black box, pero en este black box hay una persona humana.

En casos de síndrome de Down, que se consideraban incapaces de comunicarse con el

mundo exterior, los avances de la pedagogía especializada han conseguido que muchos de ellos lleguen a leer y escribir. La persona humana, es decir la mente se ha manifestado donde parecía inexistente. Un caso histórico especialmente significativo fue Helen Keller, que a consecuencia de una encefalitis padecida a los 19 meses de edad quedó sorda, muda y ciega. Aprendió a hablar por signos táctiles a los seis años de edad, obtuvo un título universitario y escribió, entre otras obras una autobiografía de gran valor literario.

Esta exposición resumida de distintas enfermedades mentales y demuestra que aunque la mente no se manifieste o incluso parezca inexistente, donde hay un ser humano hemos de aceptar la existencia de una persona.

NEUROCIENCIAS Y MENTE HUMANA

*Juan Arana Cañedo-Argüelles, Catedrático de
Filosofía, Universidad de Sevilla*

Hablar sobre neurociencias y mente humana es arriesgarse a decir algo que quedará desfasado en cuanto se apague el eco de lo dicho. Se trata, en efecto, de uno de los campos en que la investigación avanza con mayor rapidez, de modo que, cuando uno hojea un libro escrito sobre el particular veinte o incluso diez años atrás encuentra poco que no deba ser reformulado y puesto al día. Los que deseen alcanzar resultados más duraderos harán bien en elegir problemas menos controvertidos y convulsos. Sin embargo y por otro lado, ¿qué otra cuestión interesa más que ésta. “Conócete a ti mismo” fue el mandato que colocaron los sabios de Grecia en el frontispicio del templo de Delfos, y desde entonces los grandes relatores de nuestra cultura han coincidido en que

es el primer imperativo a seguir por un ser dotado de razón. Se supone que la razón es una cualidad de la mente y por tanto averiguar en qué consiste la mente supone conocernos a nosotros mismos y cumplir del modo más perfecto la vieja consigna. Pero también es una tarea harto difícil, de manera que desde la Antigüedad fue encomendada a los que se ocupan de los problemas insolubles, esto es, a los filósofos. Parece que de un tiempo a esta parte ni siquiera los filósofos se atreven con ella, puesto que al poner la expresión «conócete a ti mismo» en *Google*, lo que obtuve fue una lista de portales dedicados a la magia, el ocultismo, la numerología y otras actividades por el estilo.

No obstante, los científicos más osados han acudido al rescate. Es sabido que los hombres de ciencia se dedicaron al principio a cuestiones bastante inofensivas, como dibujar las vueltas de los astros en el firmamento, pero con el tiempo se han ido acercando a problemas más candentes, y en los últimos decenios prácticamente son los únicos que disputan a los portavoces de las religiones la tarea de exponer las verdades últimas. En lo relativo al punto que nos ocupa, la inteligencia artificial y las neurociencias son las disciplinas que con mayor empeño intentan averiguar de una vez por todas cómo somos. ¿Cuál ha sido la reacción de los filósofos ante estas incursiones? Creo que esta pregunta está mal

formulada a no ser que precisemos: ¿Cómo han afrontado los filósofos académicos la nueva situación? Deberíamos llamar filósofo a todo aquel que se plantea e intenta responder preguntas que exceden el estrecho campo de una especialidad. En este sentido todos los neurólogos e informáticos que quieren descifrar los últimos misterios de la mente humana *son filósofos*. No serán, si se quiere, filósofos *profesionales*, pero la idea de «filósofo profesional» es casi un oxímoron. Cuando un filósofo se *profesionaliza* su pasión por la verdad sin apellidos se pone en riesgo, y lo más común es que acabe *especializándose*, esto es, convirtiéndose en una suerte de científico.

Yendo al grano, ha habido en los últimos decenios al menos un par de ejemplos relevantes de diálogo entre filósofos y neurocientíficos. En 1977 Karl Popper y John Eccles publicaron conjuntamente el libro *El yo y su cerebro*¹⁶. Popper fue uno de los filósofos más destacados del siglo XX y Eccles un notabilísimo investigador del cerebro, merecedor del Premio Nobel. Había entre ellos importantes diferencias de actitud y posicionamiento teórico. No obstante, consiguieron escribir una obra coherente, porque ambos defendían un *dualismo interaccionista*, esto es, afirmaban que el

¹⁶ Karl R. Popper, John C. Eccles, *The Self and his Brain*, Berlin, Springer, 1977. Trad. Española: *El yo y su cerebro*, Barcelona, Labor, 1980.

pensamiento resulta de la conjunción de dos factores, el cerebro y el yo, que intervienen por activa y por pasiva en los procesos mentales.

Veinte años más tarde el filósofo Paul Ricoeur y el neurocientífico Jean-Pierre Changeux confrontaron sus posiciones en *Lo que nos hace pensar: La naturaleza y la regla*¹⁷. Hay una porción de diferencias entre este diálogo y el anterior. Las posiciones monistas, naturalistas y materialistas desde siempre han sido frecuentes entre los científicos del cerebro, pero hasta el último tercio del siglo XX se podían encontrar sin mucha dificultad figuras relevantes que adoptaban otra clase de posturas, como Penfield, Chauchard o el mismo Eccles. En la actualidad lo más habitual es que se inclinen por el reduccionismo, no dudando en hacer atrevidas totalizaciones que desbordan ampliamente los límites de la investigación positiva. Para ilustrar el hecho mencionaré tan sólo algunos libros que obtuvieron impacto suficiente como para merecer una traducción al español: *El hombre neuronal* del propio Changeux (1983); *La búsqueda científica del alma* de Francis Crick (1990), *El error de Descartes* de Antonio Damasio (1994), *El universo de la conciencia* de

¹⁷ Jean-Pierre Changeux, Paul Ricoeur, *Ce qui nous fait penser: La nature et la règle*, Paris, Odile Jacob, 1998. Trad. Española: Jean-Pierre Changeux, Paul Ricoeur, *Lo que nos hace pensar. La naturaleza y la regla*, Barcelona, Península, 1999.

Edelman y Tononi (2000), *El cerebro y el mito del yo* de Rodolfo Llinás (2003). Los investigadores de inteligencia artificial no han sido menos audaces, como demuestran incursiones como *El hombre mecánico* de Hans Moravec (1988), o *Cuerpos y máquinas* de Rodney Brooks (2002). Entre los filósofos, las posiciones son tan controvertidas como siempre, aunque sin duda ha crecido la euforia entre los devotos de la naturalización del hombre. Ejemplos representativos de esta tendencia son los libros *Materia y conciencia* de Paul Churchland (1984) o en *La conciencia explicada* de Daniel Dennett (1991). Los que optan por otras alternativas se han vuelto en cambio más cautos y ya no piensan en descalificar el naturalismo sin haber tomado antes buena nota de los resultados de las ciencias positivas.

¿Qué hay tras la innegable ascensión del monismo naturalista? Nadie tiene derecho a dudar de la cantidad y calidad de los descubrimientos efectuados en las últimas décadas. Pero este campo de la investigación también presenta sus sombras, como ha puesto de manifiesto entre otros John Horgan en su libro *La mente por descubrir* (1999). De hecho, se han producido en los últimos cien años demasiadas salidas en falso, anuncios luego desmentidos de que era inminente el hallazgo de la prueba definitiva que naturalizaría sin residuos la mente humana. Con el término

«naturalización» aludo a la explicación cabal y completa de un determinado objeto (en este caso la mente) por medio de leyes físico-químicas sustentadas en observaciones y experimentos contrastables. Pues bien, la tantas veces anunciada consumación del programa naturalista no ha tenido lugar, como de mala gana confiesan sus más notorios valedores. Siempre quedan detalles que se resisten, en primer lugar por el astronómico enmarañamiento del sistema nervioso, que desafía cualquier intento de disección. Hay quien achaca este galimatías al número prodigioso de neuronas que integran el sistema nervioso central y al no menos admirable número de conexiones sinápticas que establecen entre sí. Pero lo cierto es que cada neurona en particular resulta ser mucho más que un simple interruptor: forma un pequeño mundo cuyo comportamiento exacto en condiciones dadas sólo puede ser predicho dentro de considerables márgenes de error. Esto es un hecho reconocido por los más firmes partidarios de la interpretación materialista de la mente. Crick, por ejemplo, puntualiza:

«Una neurona, por tanto, resulta tentadoramente sencilla vista desde fuera. Responde a las muchas señales eléctricas que le llegan enviando a su vez una corriente de impulsos eléctricos propios.

Pero cuando intentamos descubrir exactamente cómo responde, cómo cambia su respuesta con el tiempo y cómo varía según el estado de otras partes del cerebro, nos vemos abrumados por la complejidad inherente de su comportamiento¹⁸.»

Por su parte, Christof Koch comenta:

«Y cada vez hay más datos para afirmar que las células neuronales funcionan no sólo como una red de dispositivos interruptores lineales, que transmiten o aíslan impulsos eléctricos, sino también como entes individuales que trabajan autónoma y adaptativamente. Las neuronas pueden sumar señales, restarlas, multiplicarlas, filtrarlas y promediarlas, entre otras funciones. Las capacidades de procesamiento de las neuronas individuales eclipsan a los elementos de que disponen quienes proyectan circuitos electrónicos¹⁹.»

Churchland advierte a su vez:

¹⁸ Francis Crick, *La búsqueda científica del alma. Una revolucionaria hipótesis para el siglo XXI*, Madrid, Debate, 1995, p. 128.

¹⁹ Julie Wakefield, «Perfiles: Christof Koch: Reflexión sobre la consciencia», *Investigación y Ciencia*, septiembre 2001, p. 29.

«Inevitablemente las neuronas se comparan con las compuertas lógicas en la UCP de un ordenador digital. Pero las diferencias son tan intrigantes como las similitudes. Una sola compuerta lógica recibe información de no más de dos fuentes diferentes; una neurona recibe información de mucho más de mil. Una compuerta lógica emite salidas a una frecuencia metronómica, 106 hertz, por ejemplo; una neurona varía libremente entre 0 y 102 hertz. La salida de la compuerta lógica está y debe estar temporalmente coordinada con la de todas las demás compuertas; las salidas neuronales no están así coordinadas. La función de una compuerta lógica es la transformación de información binaria (conjuntos de ENCENDIDOS y APAGADOS) en otra información binaria; la función de una neurona, si podemos incluso hablar en singular en este caso, parece más admisiblemente ser la transformación de conjuntos de *frecuencias* ondulatorias en otras *frecuencias* ondulatorias. Y finalmente, las propiedades funcionales de una compuerta lógica son fijas; las de una neurona son decididamente plásticas, ya que el crecimiento de nuevas conexiones sinápticas y la poda o degeneración de las

viejas puede cambiar la función de entrada/salida de la célula. Las ramas de las dendritas pueden tener nuevas espinitas en minutos para efectuar nuevas conexiones sinápticas y estos cambios son inducidos, en parte, por la actividad neuronal previa²⁰.»

En estas condiciones es comprensible que a la hora de buscar términos de comparación con las neuronas se haya pensado no tanto en simples relés como en complejas unidades de procesamiento. Hameroff, por ejemplo, declaró: «La mayoría de la gente piensa que el cerebro tiene cuarenta mil millones de interruptores. Pero nosotros pensamos que son cuarenta mil millones de pequeños ordenadores²¹.» ¿Qué significa todo esto? Significa que el proyecto de elaborar una ciencia determinista del cerebro es completamente irrealizable. Si el matemático y astrónomo francés Pierre Simon Laplace levantara de nuevo la cabeza, proclamaría: «Un genio que conociera la posición y velocidad de todas las moléculas que componen el

²⁰ Paul M. Churchland, *Materia y conciencia. Introducción contemporánea a la filosofía de la mente*, Barcelona, Gedisa, 1999, pp. 192-3.

²¹ John Horgan, *La mente por descubrir. Cómo el cerebro humano se resiste a la replicación, la medicación y la explicación*, Barcelona, Paidós, 2001, p. 333.

cerebro en un momento dado y tuviera capacidad analítica para agotar las implicaciones de esa información, estaría en condiciones de pronosticar con exactitud cómo va a comportarse a continuación.» Pero hoy nadie le haría caso, ya que la metáfora del reloj no es apropiada para resumir lo que sabemos del cerebro y su comportamiento. Pero, como es natural, existen otras alternativas para defender una teoría materialista de la mente. Los más decididos partidarios de la inteligencia artificial en su versión fuerte creen que, aunque el cerebro no sea exactamente una máquina bien engrasada, sí es más o menos mecánico lo más interesante que hace, y en particular *pensar*. Empleo aquí el vocablo «mecánico» como sinónimo de «algorítmico», es decir, un proceso que se puede reproducir siguiendo un número finito de instrucciones precisas. Para que podamos diseñar artefactos capaces de «pensar», es preciso que el pensar mismo sea algorítmico. A lo sumo sería admisible agregarle algunos elementos de azar indiscriminado, como si intercalásemos pequeñas ruletas de casino a un juego de engranajes perfectamente ajustado. En varios libros ampliamente documentados, el matemático y cosmólogo Roger Penrose ha argumentado contra la reducción de la mente humana a un proceso algorítmico, punto que contradice diametralmente la tesis fundamental de la versión fuerte de la inteligencia artificial.

Voy a intentar, sin embargo, no extraviarme en el laberinto de argumentos y contra argumentos. Hay un hecho indiscutible, y es que la complejidad del funcionamiento del cerebro impide que en un futuro previsible podamos seguir paso a paso cada uno de sus avatares. Hay una zona de oscuridad que ampara a los que ven en la mente una dimensión libre y espiritual, pero que también alienta a los que creen que precisamente ahí están los mecanismos ocultos que todavía nos impiden explicar la mente sin rebasar el límite de lo material. Así pues, la ignorancia hermana a los adversarios en pugna, puesto que ambos bandos se apresuran a acudir a lo que «todavía no se sabe» para reforzar lo que de un modo inefable pretenden «saber». Esta observación dista de igualar a todos los que no se refugian en un prudente escepticismo. Veremos que tanto los partidarios de como los oponentes a la naturalización de la mente han empleado otros argumentos. Uno de los más usados por los naturalistas es de tipo *historicista*: se basa en la idea de que todo lo que se ha ido descubriendo sobre el cerebro ha desvirtuado uno por uno los reparos de sus oponentes. Un ejemplo representativo de esta estrategia la ofrece Brooks al comentar la progresión de los que crearon máquinas capaces jugar al ajedrez cada vez mejor:

«Con harta precipitación, Dreyfus, un aficionado bastante mediocre al ajedrez, afirmó que ninguna máquina sería capaz de vencerle. Richard Greenblatt del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts le tomó gustoso la palabra y su programa MacHack venció a Dreyfus en 1967 en la primera y única partida. Inconmovible, Dreyfus proclamó que un programa jamás podría derrotar a un buen jugador de ajedrez con categoría nacional. Cuando quedó superado ese jalón, Dreyfus aseguró que un ordenador nunca vencería a un campeón mundial. Como todos sabemos, eso sucedió en 1997 cuando el programa *Deep Blue* de IBM ganó al campeón del mundo Gari Kaspárov²².»

Desconozco si Dreyfus fue en efecto tan ingenuo como aquí se afirma. No dudo en cambio que muchos han tomado a lo largo de la historia determinadas prestaciones de la mente como reductos inexpugnables que desafiaban cualquier intento de explicación naturalista, siendo con el tiempo desalojados de sus bastiones de grado o por fuerza. Pero lo que a lo sumo cabría sacar en

²² Rodney A Brooks, *Cuerpos y máquinas. De los robots humanos a los hombres robot*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p. 200-1.

conclusión es que ha habido mucho incompetente entre los defensores de la irreductibilidad del espíritu. No obstante, la historia está igualmente llena de malos argumentos materialistas. No hay mucha gloria en refutar al menos inteligente de los enemigos de la tesis que uno defiende. Lo meritorio es elegir al más sagaz de todos ellos y enfrentarse a él. Para evidenciar que ha habido espiritualistas menos endebles que Dreyfus, basta recordar que el príncipe de todos ellos jamás cayó en tales simplificaciones. Descartes, en efecto, fue un conspicuo dualista y es el blanco favorito de todos los que hoy en día defienden la naturalización de la mente. Sin embargo, dedicó dos libros enteros, el *Tratado el hombre* y *Las pasiones del alma*, a ofrecer explicaciones materiales de múltiples aspectos de la vida anímica. Veamos un ejemplo. Una explicación neurológica del sentimiento de placer recurre hoy en día a la vía que se extiende desde las neuronas productoras de dopamina del área tegmental ventral (ATV) hasta las células sensibles a la dopamina del *nucleus accumbens*²³. La explicación que da el filósofo francés del sentimiento de alegría es puramente conjetural, mucho menos específica y ha quedado desfasada después de tres siglos y medio, pero se mueve en el mismo orden de

²³ Véase Eric J. Nestler, «Molecular Basis of Long-term Plasticity Underlying Addiction», en: *Nature Reviews Neuroscience*, vol 2, nº 2, febrero de 2001, pp. 119-128.

razones que el ahora vigente:

«En la alegría, los nervios que actúan no son tanto los del bazo, el hígado, el estómago o los intestinos como los que hay en todo el resto de cuerpo y particularmente el que está en torno a los orificios del corazón, el cual, al abrir y dilatar estos orificios, permite que la sangre que los otros nervios expulsan de las venas hacia el corazón entre en él y salga del corazón en mayor cantidad que de costumbre. Y como la sangre que entonces entra en el corazón ya ha pasado y vuelto a pasar por él varias veces, habiendo ido de las arterias a las venas, se dilata muy fácilmente y produce espíritus cuyas partes, muy iguales y sutiles, son apropiadas para formar y fortalecer las impresiones del cerebro que proporcionan al alma pensamientos alegres y tranquilos²⁴.»

Planteadas así las cosas, ¿qué es lo que Descartes —o cualquier otro oponente no ingenuo del naturalismo psicofísico— pone más allá de ámbito material? El filósofo francés lo ha dicho con suma claridad: «Mediante la palabra pensar entiendo todo aquello que acontece en nosotros de tal forma

²⁴ Descartes, *Las pasiones del alma*, Barcelona, Península, 1972, p. 72.

que nos apercibimos inmediatamente de ello; así pues, no sólo entender, querer, imaginar, sino también sentir es considerado aquí lo mismo que pensar²⁵.» El desafío, en suma, no consiste en una tarea que pueda ser acometida de modo gradual. Es falso que se exija al materialista (¡qué más quisiera él!) explicar la mente a plazos, primero esto y después aquello, hoy la percepción y mañana la memoria. El reto está más allá del entender, querer, sentir o imaginar; hay que averiguar de una vez por todas cómo surge la conciencia, el puro apercibirse, y de qué forma cabe reducirla al tipo de procesos contemplados por las ciencias físico-químicas. Nadie que merezca ser tenido en cuenta duda del íntimo entremezclamiento de lo psíquico y lo físico. El punto crucial sin embargo radica en el surgimiento de ese mundo interior en que el sujeto, yo o como quiera llamarse, se erige en testigo de lo que ve y de sí mismo. Para asaltar ese primer y último objetivo, el naturalista ha de encontrar su camino, pero sin apelar simplemente a lo que supone que algún día se llegará a saber.

Repasemos el catálogo de recursos con que cuenta para conseguirlo. Los avances en anatomía y fisiología cerebral han sido ciertamente espectaculares: el análisis de los efectos de

²⁵ R. Descartes, *Los principios de la filosofía*, ed. de G. Quintás, Madrid. Alianza, 1995, p. 9.

lesiones en determinadas zonas del sistema nervioso central ha proporcionado numerosos indicios valiosos. La inserción de microelectrodos en lugares estratégicos y algunas experiencias, como las de Sperry y Libet, han conseguido tocar muy de cerca la interfaz entre lo físico y lo psíquico. La tomografía por emisión de positrones o la resonancia magnética funcional destacan entre los métodos de exploración que van permitiendo desvelar los mecanismos cerebrales que se ponen en marcha cuando se ejerce el pensamiento. Es evidente que el progreso no se va a detener aquí, y que durante un periodo de tiempo indeterminado seguirán produciéndose descubrimientos relevantes. Las neurociencias constituyen uno de los frentes más activos del progreso científico, a diferencia de lo que ocurre en otras zonas de la investigación, como la química o la física²⁶. Este es el dato fundamental que alienta el optimismo de los estudiosos del cerebro, optimismo que se objetiva en la apuesta por una interpretación naturalista de la mente. Sin embargo, es posible que se trate de una apuesta mal planteada. Se basa en el prejuicio de que un mayor conocimiento del cerebro por fuerza ha de conducir a la explicación de lo que antes se llamaba «vida del espíritu» en términos

²⁶ Véase, p. ej., Lee Smolin, *Las dudas de la física en el siglo XXI. ¿Es la teoría de cuerdas un callejón sin salida?*, Barcelona, Crítica, 2007.

exclusivamente físico-químicos. Ya que la física se ha estancado en su progresión hacia el corazón mismo de eso que llamamos «materia», muchos neurólogos le prometen como premio de consolación el desentrañamiento final de lo que llamamos «mente». Acudiendo por un instante al tipo de argumentos historicistas que antes critiqué, advierto que en más de una ocasión una esperanza parecida ha resultado un fiasco. A fines del siglo XIX, sin ir más lejos, casi todos los científicos creían que el adelanto del saber conduciría necesariamente a explicar de modo exhaustivo el funcionamiento del universo por medio de leyes causales deterministas. Muy poco tiempo después se comprobó no obstante que lo que tenía contados sus días era precisamente el determinismo, mientras que la física tenía un largo recorrido por delante orientado en una dirección muy diferente. Vale la pena señalar lo paradójico de la siguiente circunstancia: hoy en día muchos científicos y filósofos opinan que aunque el determinismo ya ha quedado obsoleto en física, no lo está en una ciencia que se ocupa de realidades mucho más sofisticadas que las estudiadas por la física. He aquí, por ejemplo, el testimonio de Daniel Dennett:

« La mayoría de biólogos piensa que en el cerebro los efectos cuánticos se cancelan, que no hay razón para pensar que se

explotan de alguna forma. Por supuesto que existen; hay efectos cuánticos en nuestro coche, nuestro reloj y nuestro ordenador. Pero la mayoría de cosas —la mayoría de objetos macroscópicos— son, como si dijéramos, indiferentes a los efectos cuánticos. No los amplifican, no giran alrededor de ellos²⁷.»

Así pues, la mecánica cuántica sería relevante para electrones y quarks, no para las células piramidales del córtex o los núcleos hipotalámicos. La presunción aquí operante es que podemos seguir haciendo neurofisiología como si la mecánica de Newton mantuviera toda su vigencia. No obstante, y aunque discrepe del naturalismo, simpatizo en parte con la declaración de Dennett, ya que muchos han querido dar a la física más reciente un uso que a mi juicio es incorrecto. Algunos espiritualistas han empleado las indeterminaciones cuánticas como una suerte de mecanismo metafísico de inserción del espíritu en la naturaleza, de emergencia de la libertad, etc. En una estela parecida aparecen propuestas de efectos exóticos, como las «acciones autoformativas» de Robert Kane²⁸. Y todavía más

²⁷ Declaración de Daniel Dennett en: John Brockman (ed.), *La tercera cultura. Más allá de la revolución científica*, Barcelona, Tusquets, 1996, p. 234.

²⁸ Véase Daniel Dennett, *La evolución de la libertad*, Barcelona,

fantástica es la propuesta de Roger Penrose y Stuart Hameroff según la cual ciertas estructuras neuronales —los microtúbulos— ampliarían los efectos cuánticos permitiendo así dar asiento a la conciencia, entendida como un mecanismo no computable que opera con una física desconocida, pero que podría ser desarrollada como prolongación y perfeccionamiento de la mecánica cuántica:

«Creo que la consciencia es algo global. Por consiguiente, cualquier proceso físico responsable de la consciencia tendría que presentar un carácter esencialmente global. La coherencia cuántica es idónea a este respecto. Para que sea posible semejante coherencia cuántica a gran escala, necesitamos un alto grado de aislamiento; tal como el que podrían suministrar las paredes de los microtúbulos²⁹.»

La hipótesis de Penrose es demasiado fantástica por una parte y no suficientemente audaz por otra. Descansa en una intuición poderosa: que la física actualmente disponible no es capaz de dar cuenta de la conciencia, aquello que Descartes convirtió en la esencia del pensamiento. Con «física

Paidós, 2004, p. 305.

²⁹ Roger Penrose, *Lo grande, lo pequeño y la mente humana*, Cambridge, University Press, 1999, p. 106.

actualmente disponible» me refiero también a la biología molecular o a la electroquímica. El error de Penrose, como el de Kane y el de los devotos del indeterminismo cuántico consiste en convertir la mecánica cuántica o sus hipotéticas prolongaciones en una especie de «física de la conciencia», cuando lo razonable sería más bien aceptar que cualquier física tendrá siempre una incapacidad funcional para dar cuenta de la conciencia. ¿Por qué motivo? Voy a intentar esbozarlo a renglón seguido. La investigación contemporánea ha conseguido parcelar los cometidos de la mente y localizar los recónditos vericuetos por donde la información, en forma de descargas neuronales, es procesada y llevada de aquí para allá. Pero al final todo resulta un tanto caótico y disperso. Surge el llamado «problema del ensamblaje», que el neurólogo de Harvard David Hubel glosa del siguiente modo:

«Esta sorprendente tendencia a que determinados atributos, como la forma, el color y el movimiento, sean gestionados por estructuras separadas en el cerebro suscita de inmediato la cuestión de cómo se ensambla finalmente toda la información, por ejemplo, para percibir una pelota roja que está botando. Obviamente, deben ensamblarse en alguna parte, aunque sea en los nervios motores que están al servicio

de la acción de coger. Pero de dónde se ensamblan y cómo, no tengo la menor idea. Este rompecabezas se denomina a veces con el nombre de “problema de ensamblaje”, que, para mí, no es otro que el gran dilema. Un dilema que no sólo quita el sueño a la neurociencia, sino también a la psicología evolutiva, a la ciencia cognitiva, a la inteligencia artificial y para el caso, a todos los campos de investigación que dividen la mente en una colección de “módulos”, “inteligencias”, “instintos” o “dispositivos informáticos” relativamente discretos³⁰.»

Hay por supuesto modos perfectamente concebibles de unir elementos dispersos. Los clavos y tornillos no sirven para otra cosa. Que la conciencia ejerce o refleja ciertos procesos de síntesis de la actividad neuronal parece obvio. ¿Consiste entonces en una forma sutil de clavo o tornillo? Dos de las posibles respuestas más recientes a esta pregunta son de Christof Koch y Susan Greenfield³¹. Koch, en línea con lo que

³⁰ Declaración formulada en: John Horgan, *La mente por descubrir*, Barcelona, Paidós, 2001, p. 41.

³¹ Véase Christof Koch y Susan Greenfield, «¿Cómo surge la conciencia? Dos esclarecidos neurocientíficos contrastan sus teorías sobre la actividad cerebral que subyace bajo la experiencia subjetiva», *Investigación y Ciencia*, Diciembre 2007, pp. 50-57.

sugería Crick, defiende una conjetura localista: un conjunto restringido de neuronas estratégicamente situadas llevarían a cabo el trabajo: ellas «cerrarían la mente». Greenfield, en armonía con tesis defendidas por Llinás, cree en un planteamiento más holista: serían neuronas dispersas por amplias regiones las que se reunirían en «asambleas» provisionales por medio de descargas sincronizadas y así darían lugar a la experiencia consciente. Prudentemente, ambos autores limitan el alcance de su pretensión:

«Recuérdese que ni Koch ni yo nos proponemos explicar cómo aparece la conciencia. No estamos tratando de hallar la solución de lo que David Chalmers ha dado en llamar “el problema nuclear”, a saber, la determinación del modo en que fenómenos fisiológicos que acontecen en el cerebro se traducen en lo que nosotros experimentamos como conciencia. Lo que estamos buscando es una correlación, una forma de mostrar de qué modo se corresponden los fenómenos cerebrales y las experiencias subjetivas, sin identificar el paso intermedio y crucial de cómo un fenómeno es causa de una experiencia. Las asambleas neuronales no “crean” conciencia; constituyen, más bien,

indicadores de grados de conciencia³².»

Con esta cláusula de restricción entra dentro de lo posible que alguno de los dos tenga razón. Pero no es posible retirar dicha cláusula, porque los argumentos de Penrose son aquí muy fuertes: cualquier explicación electroquímica convencional de la conciencia sería en principio computable, y ciertos fenómenos asociados a la conciencia no lo son. Otra cosa es que se pueda llegar a formular «otra» física capaz de superar dicho obstáculo. Como campechanamente observa Dennett — aunque por razones muy diferentes a las que él alega— habría que observar: «Muchacho, si puede hacer algo así, habrá que verlo³³.» Podríamos tardar siglos o milenios en resolver por esta vía el contencioso. No les quiero asustar con el anuncio de que yo vaya a intentarlo. Tan sólo, y como término de mi exposición, voy a enunciar un par de consideraciones que tal vez deban ser tenidas en cuenta. La primera es que los naturalistas se enojan a menudo con sus críticos porque sólo ven en ellos especulaciones vacías, idealizaciones antropocéntricas o prejuicios religiosos. Habría mucho que hablar sobre los prejuicios. Changeux

³² Christof Koch y Susan Greenfield, «¿Cómo surge la conciencia?», p. 57.

³³ Declaración de Dennett en: Brockman, *La tercera cultura*, p. 234.

por ejemplo, que dice practicar tan sólo un «materialismo metodológico³⁴», no ve ningún inconveniente en afirmar al mismo tiempo lo siguiente: «¿Hay un proyecto más apasionante que emprender una reconstrucción de la vida humana desembarazándose de cualquier concepción finalista del mundo y de todo antropocentrismo, al abrigo de la imaginación y la “superstición religiosa”?³⁵» Modestamente creo que debiéramos evitar echar en cara al prójimo sus prejuicios, ya que nadie está libre de ellos. De hecho suelen darse en proporción directa a los alardes que se hacen de no padecerlos. Lo importante es que, prejuicios y especulaciones aparte, los críticos del naturalismo pueden alegar hechos indiscutibles, como son el testimonio de la introspección psicológica o la experiencia de la autodeterminación moral. Lo más que se ha podido oponer a esto es que, siendo incomunicable, cada cual está encerrado en la experiencia de su mundo privado de representaciones, lo que nos abocaría al solipsismo. Pero hasta el propio Skinner ha pechado con la responsabilidad de dar cuenta de ello³⁶, y un naturalista tan convencido como Llinás

³⁴ Changeux, Ricoeur, *Lo que nos hace pensar*, p. 156.

³⁵ Changeux, Ricoeur, *Lo que nos hace pensar*, p. 15.

³⁶ «La auto-observación puede ser estudiada, y debe ser incluida en cualquier balance razonablemente completo de la conducta humana.» B.F. Skinner, *Más allá de la libertad y la*

tiene que consagrar una parte sustancial de su alegato a justifica el aspecto subjetivo de la sensación (los *qualia*) confesando que la inteligencia que hoy por hoy podemos alcanzar de él es limitada³⁷.

El segundo elemento a tener en cuenta tiene que ver con las aportaciones de los filósofos. En realidad filósofos somos todos, sobre todo cuando se hacen generalizaciones tan arriesgadas como las de los neurocientíficos que hemos mencionado. Pero, llevados por su vehemencia, éstos últimos han desatendido algunas consideraciones elementales que resultan aporéticas para sus proyectos de naturalización. Destacaré dos de ellas solamente. La primera tiene que ver con que no se puede «naturalizar» la mente si no empezamos por definirla con exactitud. Los organizadores de la conferencia de Dartmouth en 1956 lo reconocieron taxativamente: «En principio, podemos describir cualquier aspecto del aprendizaje y cualquier otro rasgo de la inteligencia con tanta precisión que podemos hacer una máquina que lo simule³⁸.» Sin

dignidad, Barcelona, Fontanella. 1973, p. 236.

³⁷ Véase Rodolfo R. Llinás, *El cerebro y el mito del yo. El papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*, Barcelona, Belacqua, 2003, p. 255.

³⁸ Citado por Daniel Crevier, *Inteligencia artificial*, Madrid, Acento, 1996, p. 19.

embargo, la mente no es de entrada un concepto, sino una realidad, y al procurar definirla resulta tan escurridiza que de algún modo desborda *cualquier definición dada*, como con toda lucidez ha observado el filósofo Karl Popper:

«Puedo mencionar aquí que creo que, en principio, pueden construirse máquinas capaces de realizar *cualquier tarea especificada que puedan realizar los seres humanos*. El énfasis está aquí en las palabras “cualquier... especificada”: porque puede usarse una especificación, en principio, para construir una máquina. Por esta razón, no estoy preparado para aceptar el desafío del mecanicista, “¡Especifique con *precisión* una prueba que sólo pueda pasarla un ser humano y que sea imposible pasarla, en principio, para una máquina!”. Si *especificamos con precisión* las pruebas que hay que realizar para descubrir si estamos frente a un hombre o a una máquina, tenemos que hacer frente a la posibilidad de que se construya una máquina para *esas especificaciones* y pase así la prueba especificada. Esto, sin embargo, no significa que, si nos enfrentásemos a una máquina parecida al hombre, tuviésemos la menor dificultad de encontrar infinidad de pruebas que la

máquina no fuera capaz de pasar, especialmente si conociéramos su especificación (o incluso si procediésemos simplemente por el método de ensayo y error), aunque pocos seres humanos fallarían dichas pruebas³⁹.»

La segunda y última observación alude al hecho de que «naturalizar» equivale a objetivar de acuerdo con los principios de las ciencias de la naturaleza. Esto supone que aquello que «naturalizo» lo pongo delante de los ojos y demuestro que sólo consiste en un conjunto de representaciones regidas por tales o cuales leyes naturales. Ahora bien: objetivar la mente es transformar en objeto lo que de por sí es sujeto, y por tanto negarlo en cuanto tal. Dicho de un modo menos técnico, no corresponde a la mente aparecer ante nuestros ojos, sino *tras* ellos. La mente que es pensada no puede pensar ella misma. Muchos grandes filósofos han insistido en este punto. Paul Ricoeur no omitió hacerlo en sus charlas con Changeux, sin que éste reparara en la importancia de la objeción:

«No comprendo la frase: “la consciencia se desarrolla en el cerebro”; la consciencia es consciencia de sí (o se ignora, y ése es todo

³⁹ Karl R. Popper, *El universo abierto. Un argumento en favor del indeterminismo*, Madrid, Tecnos, 1986, p. 92.

el problema del inconsciente), pero el cerebro será siempre decididamente un objeto de conocimiento, y nunca pertenecerá a la esfera del propio cuerpo. El cerebro no “piensa” en el sentido de un pensamiento que se piensa. En su caso, usted piensa el cerebro⁴⁰».

De qué manera surge la capacidad de hacerse consciente y por lo tanto de crear ante sí objetos de conocimiento y crear saberes tan admirables como las neurociencias es un enigma. Probablemente lo seguirá siendo siempre, sin que ello suponga poner ningún tipo de cortapisas al avance de aquéllas. Los que quieran reducirla a un objeto natural más son libres de intentarlo, por más que su empeño sólo sea posible porque ellos mismos son sujetos del conocimiento, es decir, aquello que se proponen negar.

⁴⁰ Changeux, Ricoeur, *Lo que nos hace pensar*, p. 54.

GENES, BRAIN AND MATERNAL BEHAVIOR

Natalia López-Moratalla. Professor of Biochemistry and Molecular Biology. Universidad de Navarra

The tender intimacy and selflessness of a mother's love for her infant occupies a unique and exalted position in human conduct... It provides one of the most powerful motivations for human action, and has been celebrated throughout the ages—in literature, art and music—as one of the most beautiful and inspiring manifestations of human behaviour (Zeki, 2004).

NEURAL MECHANISMS UNDERLYING COMPLEX MATERNAL BEHAVIOUR

Mothers demonstrate a unique ability to recognize different sensory cues from their own infants, including visual and auditory cues. These stimuli, such as a smiling or sad face, are powerful

motivators for a mother to respond through care giving, physical touch, speech, or play.

Brain is organised to mediate the complex maternal behaviour. For that, gene expression is orchestrated by different hormonal and neurochemical factors.

Maternal care will be used here as a model of study to go in depth into the description of *brain/mind relationship* after exploring the circuits for cognitive–emotional integration. The complex emotional-cognitive maternal behaviour offers significant data, which will help us entering what is specifically human in brain/mind relationships.

This model is of special importance for several reasons:

- it allows the study of neural support in the *plastic construction of emotional life* and offers a response to the question about how social experiences influence the brain.
- it allows approaching the complex *cognitive–emotional behaviours* that have their basis in dynamic coalitions of networks of brain areas, none of which should be conceptualized as specifically affective or cognitive.
- and, it allows a broadening in our knowledge of circuit cognitive–affective

control system permitting possible activations and simultaneous inhibitions of neural circuits.

Behaviour cannot be cleanly separated into cognitive or emotional categories

Behaviour is a product of the orchestration of many brain areas; the aggregate function of these brain areas leads to emotion and cognition. Often true integration of emotion and cognition takes place, strongly blurring the distinction between the two. Emotion and cognition are, in fact, only minimally decomposable.

The current view of brain organization supports the notion that there is a considerable degree of functional specialization and that many regions can be conceptualized as either 'affective' or 'cognitive': for example, the amygdala in the domain of emotion and the lateral prefrontal cortex in the case of cognition; however, none of them should be conceptualized as specifically affective or cognitive.

Recent studies⁴¹ expose that complex cognitive-emotional behaviours have their basis in dynamic coalitions of networks of brain areas, due to the existence of neural networks integrating functions at cortical and subcortical levels.

⁴¹ Pessoa, L. (2008) "On the relationship between emotion and cognition". *Nature Reviews Neuroscience* 9, 148-158.

Cognition refers to processes such as memory, attention and language, problem solving and planning. Many cognitive processes are thought to involve sophisticated functions that might be uniquely human. Furthermore, they often involve so-called *controlled processes*. Cognitive processes appear to engage cortical regions.

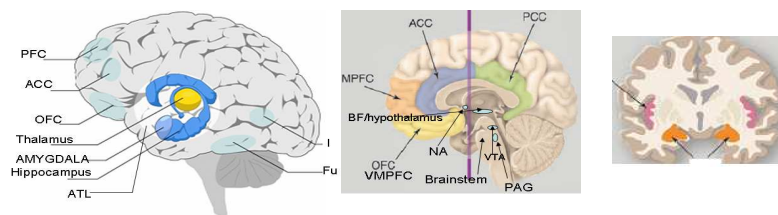
From a neuropsychological point of view affectivity entails entirely the emotional life. Neural correlates of emotions are being difficult to be investigated due to the fact that emotions imply a diversity of factors, which should be tackled by a diversity of researchers⁴²: some researchers incorporate concepts of drive and motivation; others involve emotions in the conscious (or unconscious) evaluation of events; and others link emotions to the body⁴³. Brain structures linked to emotion are often subcortical, such as the amygdala, ventral striatum and hypothalamus. Each one of the 'core' and 'extended' affective regions form a complex area that is involved in numerous functions.

⁴² Rolls, E. T. *Emotion explained*. Oxford University Press, Oxford, 2005

⁴³ Damasio, A. R. *The feeling of what happens: body and emotion in the making of consciousness* (Harcourt Brace, New York, 1999). Damasio, A. R. *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain* (ed. Putnam, G. P. New York, 1994).

The emotional brain involves:

- The *core* emotional regions include sub-cortically, the amygdala (A), the nucleus accumbens (NA) and the hypothalamus. Cortically, the orbitofrontal cortex (OFC), the anterior cingulate cortex (ACC), and the ventromedial prefrontal cortex (VMPFC).
- *Extended* regions include, subcortically, the brain stem, the ventral tegmental area (VTA) and associated mesolimbic dopamine system, the hippocampus, the periaqueductal grey (PAG), the septum and the basal forebrain (BF). Cortically, the anterior insula (I), the prefrontal cortex (PFC), the anterior temporal lobe (ATL), the posterior cingulate cortex (PCC), superior temporal sulcus (STS), and somatosensory cortex.



There are also subcortical structures involved in cognition processes: thalamus, basal ganglia, aminergic cortical and subcortical projections from the brainstem.

Functional connectivity

Central to cognitive–emotional interactions are

brain areas with a high degree of connectivity, called hubs, which are critical for regulating the flow and integration of information between regions.

Moreover, the three-dimensional topology of regions involved in behaviour is dynamic. Multiple neurotransmitter systems affect and implement these dynamic specific regions. Some circuits can implement reverberating activity that can be sustained for several seconds. Such dynamics are not only extending the repertoire of computations but they are also likely to influence the precise form of functional connectivity with other regions. Thus local physiological properties impact both short- and long-range brain interactions.

Maternal behaviours might be reasonably well characterized in terms of cognitive–emotional interactions and amygdala function is their cognitive–emotional connector hub. Located at a strategic position in brain hemispheres, *grosso modo* we could say that limbic system integrates vegetative visceral impulses with cognitive behavior through emotions. The amygdala is not only highly connected, but that its connectivity topology might be consistent with that of a connector hub that links multiple provincial hubs, each of which links regions within separate functional clusters.

Limbic system structures operate fast and in an automatic fashion, so that certain trigger features

are relatively unfiltered and always evoke responses that might be important for survival. Furthermore, the functioning of subcortical structures that mediate emotions is thought to be 'unaware', and an individual is not necessarily conscious of a stimulus that might have triggered brain responses in an affective brain region

In summary, functional circuits include both multiple regions and neuromodulatory systems (excitatory or inhibitors, which might even act with a feedback). Network affiliations are context-dependent and dynamic. And, given the small-world topology of brain structural connectivity, hub regions, such as the amygdale have more important roles than regions that are not as highly connected.

MATERNAL BRAIN AND PREGNANCY

Pregnancy requires multiple adaptations of the mother's physiology to optimize foetal growth and development, to protect the foetus, and to ensure that adequate maternal care is provided after parturition. By contrast, adaptations in the mother's brain during lactation are maintained by external stimuli from the young.

Many of these adaptations are organized by the mother's brain, predominantly through changes in neuroendocrine systems, and these changes are

primarily driven by the hormones of pregnancy⁴⁴. Pregnancy stimulates the production of brain neurotransmitters in the mother: *oxytocin* (hormone of trust) and dopamine (regulator of movements and *prize and reward* systems). These molecules join their receptors in different regions of the brain and regulate their specific activity.

When mothers feel the movements of the foetus, around the fifth month of pregnancy, then secretion of *oxytocin* begins. This hormone is decisive for the functional plasticity, which generates the bond of attachment to the foetus in the maternal brain. *Oxytocin* has its own receptors in all the areas connected to the amigdaline complex, a key centre for cognitive-vegetative-emotional integration. Body contact of mother and son induces release of *oxytocin* accumulated in neurons during pregnancy, thus strengthening attachment of mother to son after delivery. And breast-feeding strongly stimulates *oxytocin* thus reinforcing that attachment.

⁴⁴ Brunton, P.J., Russell, J.A. (2008) "The expectant brain: adapting for motherhood". *Nature Reviews Neuroscience* 9, 11-25; Meaney, M.J., Szyf, M. (2005) "Maternal care as a model for experience-dependent chromatin plasticity?" *TRENDS in Neurosciences* 28, 456-463; Champagne, F.A., James, P (2005) "How social experiences influence the brain". *Curley Current Opinion in Neurobiology* 15, 704-709.

Pregnancy natural biological processes attenuate stress.

Complex adaptations of the maternal brain are likely to be a consequence of an increased activity of brain systems with inhibitory effects on the hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA) axis and a reduced activity of excitatory pathways noradrenaline, norepinephrine, corticotrophin-releasing factor and opioids⁴⁵.

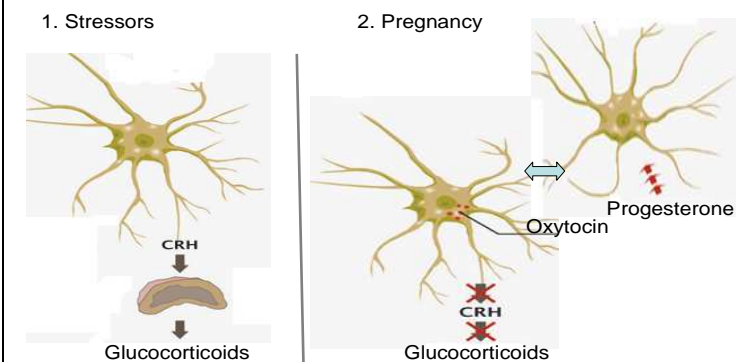
Emotional and physical stressors convey information to the HPA axis and activate neurosecretory corticotropin-releasing-hormone (CRH), and arginine-vasopressin (AVP) neurons, in the parvocellular region of the hypothalamic paraventricular nucleus (pPVN). CRH and AVP stimulate adrenocorticotrophic (ACTH) release from anterior pituitary, which in turn stimulates the secretion of glucocorticoids, which inhibit their own release. Those hormones alert the brain to a state of stress and induce the corresponding emotional response to stress.

In late pregnancy, the hormonal response of the HPA axis to stressors is severely attenuated. CRH and oxytocin release are suppressed during pregnancy. Progesterone levels in the brain and the circulation are increased during pregnancy. Progesterone is converted into allopregnanolone

⁴⁵ Slattery, D.A., Neumann I.D. (2008) "No stress please! Mechanisms of stress hyporesponsiveness of the maternal brain". *J Physiol* 586, 377–385

and in brainstem neurons the levels of opioid peptides and μ -opioid receptor increase. Noradrenergic neurons project to the hypothalamus, to magnocellular oxytocin in the (PVN), and to oxytocin neurons in the supraoptic nuclei. However, in pregnancy, fails to evoke noradrenaline release. This is a result of increased opioid inhibition of noradrenaline release.

Emotional and physical stressors convey information to the HPA axis and activate neurosecretory corticotropin-releasing-hormone (CRH). CRH stimulates adrenocorticotrophic (ACTH) release from anterior pituitary, which in turn stimulates the secretion of glucocorticoids. Those hormones induce the corresponding emotional response to stress.



In late pregnancy, the hormonal response of the HPA axis to stressors is severely attenuated because progesterone levels, in the brain and the circulation, are increased during pregnancy.

Thus, anxiety-related behaviour and emotional responsiveness to stressful stimuli are reduced with the result of general calmness. CRH mRNA levels are low and hence reduced ACTH and glucocorticoid secretion. Moreover, magnocellular oxytocin neurons are also subject to increased GABA (γ -aminobutyric acid) inhibition during pregnancy. Allopregnanolone prolongs the opening time of GABA-receptor Cl⁻ channels, enhancing the inhibitory GABA input. Oestrogen and oxytocin, acting together, increase the number of GABA synapses.

THE NEUROPEPTIDE OXYTOCIN APPEARS TO INCREASE TRUST AMONG HUMANS

Oxytocin is a nonapeptide released from the paraventricular nucleus of the hypothalamus through the posterior pituitary. The essential role for oxytocin is a biological basis of prosocial approach behaviour⁴⁶.

In nonhuman mammals oxytocin plays a central role in the ability to form social attachments and affiliations, including parental care, pair bonding, and social memory. Oxytocin promotes prosocial approach behaviour by inhibiting defensive behaviours. However, there is no evidence that

⁴⁶ Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P.J. Fischbacher, U., Fehr, E. (2005) Oxytocin increases trust in humans *Nature*, 435, 673-678.

oxytocin affects reciprocity in animals. Oxytocin seems to permit animals to overcome their natural avoidance of proximity and thereby facilitates approach behaviour. Both animal and human studies showing that oxytocin ameliorates the symptoms associated with social anxiety and stress.

Trust is indispensable in friendship, love, families and organizations to increasing the benefits from social interactions. It affects an individual's willingness to accept social risks arising through interpersonal interactions. And oxytocin's effect on trust in terms of betrayal aversion is known.

The behavioural function of oxytocin release depends on the regions containing a high density of receptors for this neuropeptide.

The amygdala and other brain regions express oxytocin receptors

The amygdala is a central component of the neurocircuitry of fear and social cognition that has been linked to trust and reduces anxiety and impacts on fear conditioning and extinction. Amygdala function is strongly modulated by oxytocin. *Oxytocin* activates the connections of the amygdaloid complex with the brainstem, which regulates *instincts and vegetative impulses*.

Amygdala receives and integrates sensory and prefrontal/ limbic inputs and excites, possibly

indirectly, neurons in the central nucleus that evoke fear responses via their projections to brainstem regions including periaqueductal gray and reticular formation. The effect of oxytocin on anxiety in humans may be attributable to a combined effect on both amygdala activation and coupling to regions mediating *fear response*.

Functional magnetic resonance imaging has been used⁴⁷ to image amygdala activation by fear-inducing visual stimuli after double-blind crossover intranasal application of placebo or oxytocin. Compared with placebo, oxytocin potently reduced activation of the amygdala and reduced coupling of the amygdala to brainstem regions implicated in autonomic and behavioural manifestations of fear. The reduction in amygdala activation was more significant for socially relevant stimuli (faces) than for the socially less relevant scenes.

It is also involved in several functions that are closely linked to cognition, including attention and associative learning. Brain circuits implicated in *reward* contain a high density of receptors for oxytocin. Trust is bound to dopamine. Midbrain dopamine systems are crucially involved in *motivational processes* underlying the learning and

⁴⁷ Kirsch P., Esslinger Ch., Chen Q., Mier D., Lis S., Siddhanti S., Gruppe H., Mattay V.S., Gallhofer B., Meyer-Lindenberg, A. (2005), "Oxytocin Modulates Neural Circuitry for Social Cognition and Fear in Humans". *The Journal of Neuroscience* 25, 11489–11493.

execution of goal-directed behaviour. Dopamine neurons in monkeys are uniformly activated by unpredicted appetitive stimuli such as food and liquid rewards and conditioned reward-predicting stimuli⁴⁸. Dopamine neurons preferentially report environmental stimuli with appetitive rather than aversive motivational value. This brain region plays a key role in learning reward stimuli and potentiating attention and memory. Neurons of ventral tegmental area (rich in oxytocin receptors) are projected to nucleus accumbens nucleus (NA) and there they release dopamine creating a motivational state.

Dopamine acts as drug of vitality exciting neurons controlling movement in motor centres.

Finally, Baumgartner⁴⁹ et al. have shown that subjects receiving intranasal administration of oxytocin undergo deactivation of brain areas. They show no change in their trusting behaviour after they learned that their trust had been breached several times while subjects receiving placebo decrease their trust. The *adaptation* is associated with a specific reduction in activation in the amygdala, the midbrain regions, and the dorsal

⁴⁸ Mirenowicz, J., Schultz, W. (1996) "Preferential activation of midbrain dopamine neurons by appetitive rather than aversive stimuli". *Nature* 379, 449-451.

⁴⁹ Baumgartner, T., Heinrichs, M. Vonlanthen, A., Fischbacher, U., Fehr, E. (2008) "Oxytocin Shapes the Neural Circuitry of Trust and Trust Adaptation in Humans". *Neuron* 58, 639-650,

striatum in subjects receiving oxytocin, suggesting that neural systems mediating fear processing (amygdala and midbrain regions) and behavioural adaptations to feedback information (dorsal striatum) modulate oxytocin's effect on trust.

Oxytocin could also act to potentiate classical transmitters

Oxytocin influence maternal behaviour through the regularon of functions of amygdala and other brain regions with appropriate receptors.

Oxytocin participates also in the regulation of neurotransmitter release just in a restricted number of brain regions. 1) Once oxytocin is released within the PVN it can promote activity of the oxytocinergic neurons to stimulate further oxytocin release in a short-loop feedback. 2) Oxytocin into the PVN inhibits glutamate and aspartate release. 3) Glutamate, GABA, noradrenaline, 5-HT, and dopamine concentrations all increase significantly in the PVN when oxytocin concentrations are also increased. 4) GABA release from local interneurons may also play modulatory role by oxytocinergic neurons and noradrenaline from the brainstem stimulates the activity of oxytocinergic neurons.

PLASTICITY

Social experiences throughout life seem to influence gene expression and behaviour:

epigenetic DNA modification.

Adult behaviour is a product of the dynamic interplay between genes and social environment. These induced changes are, in part, mediated by sustained alterations in gene expression in selected brain regions and are associated with epigenetic modifications of the genome. In mammals, mother-infant interactions are the primary source of social stimulation and result in long-term changes in offspring phenotype. These changes reflect permanently altered gene expression, so-called 'environmental programming'.

The term "plasticity" refers to the ability to vary phenotype in response to environmental conditions. Brain plasticity is thus ready to fine tune the development of brain to enhance the match between phenotype and environmental demand.

Genes will influence what can broadly be termed bonding and social behaviour. These genes can be divided into two general classes⁵⁰: a) mother-offspring interactions (suckling, attachment and maternal behaviours); these early experience permanently alters behavior and physiology; and b) adult social interactions, when there is an asymmetry of relatedness in social groups.

⁵⁰ Isles, A.R., Davies, W., Wilkinson, L.S. (2006) "Genomic imprinting and the social brain". *Phil. Trans. R. Soc. B* 361, 2229-2237.

For example, the nature of maternal care that an infant receives can affect the child's emotional and cognitive development, which is endured into adulthood. The mechanism of these environmental "programming" effects was examined with an animal model that studies the consequences of variations in mother-infant interactions on the development of individual differences in behavioral and endocrine responses to stress in adulthood⁵¹.

Maternal behavior in the rat can alter the hippocampal glucocorticoid receptor (GR) expression in the offspring, which concomitantly alters the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis and the stress responsiveness of these animals. Maternal behavior increases GR expression in the offspring via increased hippocampal serotonergic tone accompanied by increased histone acetylase transferase activity, histone acetylation and DNA demethylation mediated by the transcription factor NGFI-A. In the absence of increased NGFI-A expression, the promoter of GR remains methylated. The unmethylated promoter will maintain high affinity to NGFI throughout adulthood, resulting in greater activity of the GR, whereas the methylated GR promoter exhibits reduced affinity for NGFI resulting in low activity of the GR in adulthood (Figure 2).

⁵¹ Weaver, .C.G. (2007) "Epigenetic Programming by Maternal Behavior and Pharmacological Intervention. Nature Versus Nurture Let's Call The Whole Thing Off" *Epigenetics* 21, 22-28.

DNA methylation alters GR expression through modifications of chromatin structure; thus the DNA can be established through environmental programming and given the inherent stability of this epigenomic marker, this dynamics is potentially reversible. Epigenetic state of GR gene can be established through early-in-life experience and is potentially reversible in adulthood.

In summary, GR gene is an anti-stressor gen. Glucocorticoid receptor links corticoid and dims the response. As Michael Meaney⁵² shows that stimuli related to body care activate the expression of antistress gene. Oxytocin release as a consequence of this tactile stimulus increases the cascade of signals leading to the elimination of metil groups in the promoter of GR gene. The social brain specializedd in social interactions is affected and somehow reshaped by them⁵³.

'Environmental programming': Chromatin structure and DNA methylation

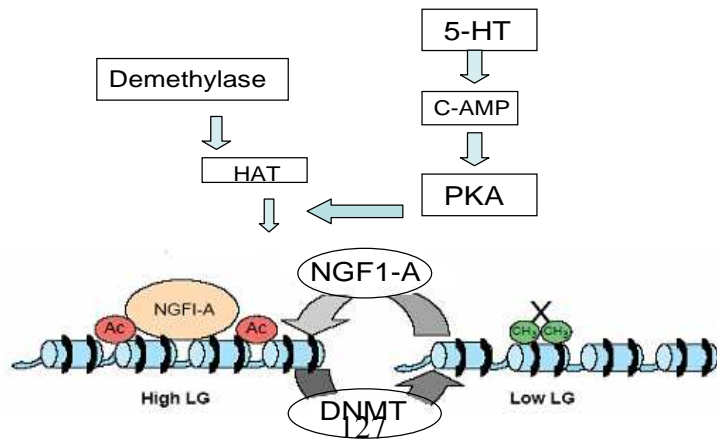
Most DNA is tightly packaged into nucleosomes and wrapped around a core of histone proteins.

⁵² Meaney, M.J., Szyf, M. (2005) "Maternal care as model for experience-dependent chromatin plasticity?" *TRENDS in Neurosciences*. 28, 456-463.

⁵³ Champagne, F.A., Curley, J.P. (2005)"How social experiences influence the brain". *Current Opinion in Neurobiology* 15, 704-709.

The histone–DNA configuration is maintained by electrostatic bonds between histones and DNA, and regulates gene expression. These chromatin structures hinder transcription factor binding to DNA and therefore gene expression.

The acetylation of selected positively-charged amino acids modifies histone–DNA interactions, opening chromatin and facilitating transcription-factor binding to DNA. In general, histone modifications are transient and cannot directly explain enduring early environmental programming effects. However, modification of the genome itself is a stable, enduring ‘epigenetic’ mark. DNA is covalently modified by DNA methyltransferases (DNMT) that transfer the methyl to the carbon atom at the fifth position in the cytosine ring. Methylation is involved in gene imprinting and in early phases of cellular differentiation and DNA methylation promotes gene silencing through effects on chromatin structure.



A silencing mechanism links DNA methylation to inactive chromatin structure. A region of methylated DNA attracts different members of a family of methylated DNA-binding proteins, which

recruit chromatin-remodelling complex protein.

This relationship between chromatin state and DNA methylation forms a molecular link through which environmental signals might alter DNA methylation in specific genes in neurons.

In the absence of increased NGFI-A expression, the promoter remains methylated. The unmethylated promoter will maintain high affinity to NGFI-A throughout adulthood, resulting in greater activity of the GR promoter, whereas the methylated GR promoter exhibits reduced affinity for NGFI-A, resulting in low activity of the GR in adult.

According to this model, environmental signals trigger cellular signalling pathways, which activate trans-acting factors that recruit histone acetyltransferases (HAT) resulting in histone acetylation, chromatin opening and increased accessibility to DNA demethylating agents. This mechanism would enable reversal of the methylation mark.

4.2. Astrocyte-neuron reversible plasticity

Adult nervous system can undergo significant experience-related structural changes throughout life (structural plasticity). It has been recently known the notion that morphological plasticity

affects not only neurons but glial cells as well⁵⁴. Dynamic astrocyte-neuron interactions are part of the physiology of several adult neuronal systems; under physiological conditions as different as reproduction, sensory stimulation, and learning, they display a remarkable structural plasticity.

The magnocellular system of the hypothalamus constitutes a physiologically controlled system. Its morphological reorganization involves both its neurons and glia during parturition and lactation. The adult hypothalamo-neurohypophysial system undergoes a striking activity-dependent morphological remodelling that modifies the glial wrapping of its magnocellular neurons. The repercussions of glial environment modifications on the physiology of magnocellular neurosecretory cells are at the synaptic level. Reduced astrocytic coverage of magnocellular neurons occurring on supraoptic nucleus affects various functions in which astrocytes play key roles.

These functions include uptake of neurotransmitters such as glutamate, restricting diffusion of neuroactive substances within the

⁵⁴ Theodosis, D.T., Poulain, D.A., Oliet, S.H.R. (2008) "Activity-Dependent Structural and Functional Plasticity of Astrocyte-Neuron Interactions". *Physiol Rev* 88, 983–1008; Oliet, S.H.R., Panatier, A., Piet, R., Mothet, J.P., Poulain, D.A., Theodosis, D.T. Neuron–glia interactions in the rat supraoptic nucleus. In *Progress in Brain Research*, Vol. 170, Chapter 10, I.D. Neumann and R. Landgraf (Eds.).

extracellular space and release of informative molecules known as gliotransmitters that act on neighbouring neurons to modulate synaptic transmission and excitability. The magnocellular system (oxytocin neurons) of the hypothalamus constitutes a physiologically controlled system. Its morphological reorganization involves both its neurons and glia during parturition and lactation. In the hypothalamus, OT neurons usually occur in tightly packed clusters, but under basal conditions of neurosecretion, they remain separated by fine astrocytic processes. In contrast, during parturition and lactation there is a significant reduction in the astrocytic coverage of all portions of OT neurons. These changes occur within a few hours and are completely reversible upon the cessation of the stimulation.

Astrocytic environment of neurons contributes to the regulation of synaptic and extrasynaptic transmission. Distal astrocytic processes contribute to transmission at the tripartite synapse.

NEURAL SUBSTRATES CONTROLLING MATERNAL BEHAVIOR

The newly developed ability to study the neural correlates of subjective mental states with brain imaging techniques has allowed neurobiologists to learn something about the neural bases of maternal love. Obviously brain imaging techniques are not indicative of a direct cause; activation,

deactivation or absence of recording is not a manifestation *per se* of the cause of the phenomenon.

Functional neuroimage techniques show how certain brain areas are activated, while others become silent, when a mother sees her son or hears his voice. This is the neural correlate of the emotion, which the presence of her son generates under diverse circumstances in the mother. This type of social and emotional behaviour is processed in the so called *social brain*, which integrates longitudinally structures of both cerebral hemispheres, such as orbitofrontal cortex and amygdale complex. Routes potentiating the cerebral processing of relevant stimuli are thus created in interpersonal relations. All the areas of the activated cerebral cortex correspond to neural zones participating in cognitive-emotional processings. In these processes of integration, the limbic system combines synchronic activations and deactivations of its components.

Human attachment seems therefore to employ a push-pull mechanism that overcomes social distance by deactivating networks used for critical social assessment and negative emotions, and at the same time bonds individuals through the involvement of the reward circuitry.

Changes revealed when mothers viewed their own child versus an age and familiarity matched acquainted child.

When a mother contemplates a photograph of her son a few months of age she enters a pleasant state, not produced when she sees photographs of other children, even if they are known to her. Neuroimage techniques reflect the activation of the *social brain*, and areas of the cognitive-affective system of *reward* are activated, and others participating in negative judgments are silenced⁵⁵.

Activations with maternal love: Anterior cingulate cortex, ventral cingulate cortex; Caudate nucleus; Frontal eye fields; Fusiform cortex; Insula; Lateral prefrontal Cortex (ventral); Occipital cortex; Orbitofrontal cortex; Thalamus; Striatum (consisting of putamen, caudate nucleus, globus pallidus); Periaqueductal (central) gray; Substantia nigra.
Deactivations: Prefrontal cortex (Mes.sup. front gyrus; Lateral prefront; Ventro-lateral prefront). Parietal cortex (Lateral parietal; Parieto/occ. Junction). Temporal cortex (Medial temporal; Medial STS; Medial STG; Inferior temporal lobe; Temporal pole). Posterior cingulate cortex (Retrosplenium; Medial precuneus) Amygdaloid region.

Parental Status-Specific Response to Infant Crying and Laughing

⁵⁵ Zeki, S. (2007) "The neurobiology of love". *FEBS Letters* 581, 2575-2579; Bartels, A., Zeki, S. (2004), "The neural correlates of maternal and romantic love". *Neuroimage* 21, 1155-1166.

Women but not men, independent of their parental status, showed neural deactivation in the anterior cingulate cortex, in response to both infant crying and laughing.

The response pattern changed fundamentally with parental experience: in the right amygdala and interconnected limbic regions, parents (independent of sex) showed stronger activation from crying, whereas nonparents showed stronger activation from laughing⁵⁶.

The same pattern (parents vs. nonparents) stimulus (crying vs. laughing) was present in the other brain areas shown: ventral prefrontal cortex; insula; temporoparietal junction; middle cingulate cortex, together with the amygdala.

Thus, the modulation of responses by experience seems to represent an adaptive mechanism. The influence of paternity on the brain facilitates care when when viewing the needs of the crying child.

Mother-infant attachment is not a unilateral process: the infant's behaviour has a powerful effect on the mother's emotions.

Maternal love, which may be the core of maternal

⁵⁶ Seifritz, E., Esposito, F., Neuhoff, J.G., Luthi, A., Mustovic, H., et al. (2003) "Differential Sex-Independent Amygdala Response to Infant Crying and Laughing in Parents versus Nonparents". *Biological Psychiatry* 54, 1367–1375.

behaviour, is essential for the mother-infant attachment relationship. Patterns of maternal brain activation in response to infant cues using video clips⁵⁷ show a highly elaborate neural mechanism mediating maternal love and diverse and complex maternal behaviours for vigilant protectiveness.

A limited number of the mother's brain areas were involved in recognition of the mother's own infant: orbitofrontal cortex (OFC), periaqueductal gray, anterior insula, and dorsal and ventrolateral parts of putamen.

And strong and specific mother's brain response for the mother's own infant's distress: caudate nucleus, right inferior frontal gyrus, dorsomedial prefrontal cortex, anterior cingulate, posterior cingulate, thalamus, substantia nigra, posterior superior temporal sulcus and prefrontal cortex.

Face stimuli activated brain regions along the ventral visual pathway from the primary visual cortex to the temporal lobe, including fusiform face area.

There was no significant difference in posterior visual pathway response between the own and unknown infant-face stimuli.

⁵⁷ Noriuchi, M., Kikuchi, Y., Senoo, A. (2008) "The functional neuroanatomy of maternal love: mother's response to infant's attachment behaviors". *Biological Psychiatry* 63, 415–423.

Mothers respond stronger to cry than smiling. The mother's emotional state was more complicated when viewing her own infant in a separation situation: positive emotions, such as love, coexisted with negative ones such as anxious feeling and worry in the mother herself. The emotional responses to her own infant might be appropriately regulated by monitoring her own emotional states and by inhibiting her excessive negative affects so as not to show negative expressions to her infant who is in distress.

The complexity of this reaction implies, among other processes, decodifying facial expression of emotions of her child and reducing her anguish. That requires high levels of alertness and protection, a reflection of integration of complex cognitive and emotional aspects.

With smiling faces specifically activating dopamine-associated reward processing regions

When first-time mothers see their own infant's face, an extensive brain network seems to be activated, wherein affective and cognitive information may be integrated and directed toward motor/behavioral outputs⁵⁸. Significant areas of activation were seen when the mothers were shown happy faces of their own infant compared

⁵⁸ Strathearn, L., Li, J., Fonagy P., Montague P.R. (2008) "What's in a Smile? Maternal Brain Responses to Infant Facial Cues". *PEDIATRICS*, 122, 49-51.

with an unknown infant. In response to happy, but not sad, infant faces dopaminergic reward related brain regions are activated specifically: dopaminergic brain regions involved in cognitive, affective, and motor information processing.

The striatum is believed to be an important relay station between the limbic and motor systems, integrating affective information from limbic regions with cognitive information from the prefrontal cortex in shaping motor/ behavioral response. Each striatal region is integrally connected to a corresponding region the forebrain including those involved in emotion processing, cognition, and motor/behavioural outputs (primary motor area). And each striatal region is integrally connected to a corresponding region of the midbrain's VTA and substantia nigra via ascending and descending dopaminergic neurons.

Smiling, but not neutral or sad, faces specifically activate nigrostriatal brain regions interconnected by dopaminergic neurons.

Understanding how a mother responds uniquely to her own infant, when smiling or crying, may be the first step in understanding the neural basis of mother-infant attachment.

According to data commented above, several regions of the nervous system could be implicated in the affective-emotional bond of maternity, and at the same time could also influence on cognitive

processes supporting the stability of affective life of the woman. An imbalance of these processes could lead to mental alterations in some psychiatric ailments⁵⁹.

CIRCUITS FOR COGNITIVE-EMOTIONAL INTEGRATION OF MOTHER-INFANT ATTACHMENT: FUNCTIONAL AND STRUCTURAL CONNECTIVITY

Human attachment seems to employ a push-pull mechanism that overcomes social distance by deactivating networks used for critical social assessment and negative emotions, while it bonds individuals through the involvement of the reward circuitry. Cortical areas associated to limbic system in the processing of emotions become activated in the brain of the mother, when viewing her infant. However, the generation of appropriate behavioral responses involves selecting the most fitting response among competing possibilities and involve also while inhibiting those responses deemed inappropriate.

The orbitofrontal cortex (OFC) and the amygdala in the evaluation of sensory information.

The orbitofrontal area is bound to functions related to information in the organism itself, old

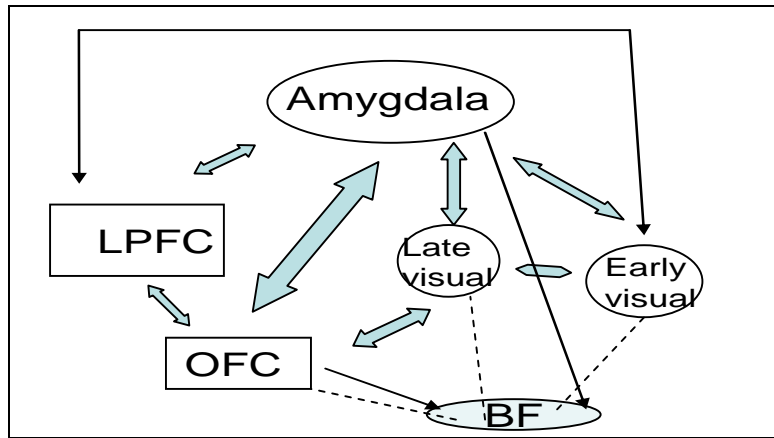
⁵⁹ Monkul, E.S., Onkul, J.P., Hatch, M.A., Spence, N.S., Brambilla, P., et al. (2007), "Fronto-limbic brain structures in suicidal and non-suicidal female patients with major depressive disorder". *Molecular Psychiatry* 12, 360-366.

memories, affections, feelings, reward and so on.

The OFC plays a determining role in neurobiological integration of reward systems, since it is connected with neurons producing dopamine, a substance crucial to value the nature of stimuli and how reward might be implied.

The affective component of a visual item is reflected at multiple processing stages, from early visual areas to prefrontal sites. The OFC and the amygdala have strong reciprocal connections with visual sensory areas and receive highly processed visual input from these late visual areas. Amygdala connects to areas of early visual cortex and the ventrolateral prefrontal cortex (PFC) and lateral (LPFC) receive projections from late visual areas. Stimulation is rapidly conveyed to multiple regions that collectively are capable of evaluating the input and determines the significance of the stimulus.

Circuit for the processing of visual information: OFC and Amygdala in the evaluation of sensorial information. The affective component of a visual item is reflected at multiple processing stages, from early visual areas to prefrontal sites. Visual cortical responses reflecting an item's significance is a result of simultaneous top-down modulation from frontoparietal attentional regions (LPFC) and emotional modulation from the amygdala. In this manner, behaviour is both cognitive and emotional.



And finally, the basal-forebrain system, which is interconnected with the amygdala and the OFC, provides diffuse neuromodulatory signals to both areas. The routes of reward bound to dopamine and with receptors to oxytocin and other hormones are located in the basal-forebrain system and play an important role in interpreting reward stimuli in the process of learning. This arrangement is able to enhance the processing of contextually significant information.

The amygdala might underlie a form of emotional modulation of information that in many ways parallels the attentional effects observed in the visual cortex. That is, increasing the affective significance of a stimulus turned strongly amygdala-dependent it has effects that are similar to those of increased attention.

Attention to a stimulus (a cognitive process)

increases neuronal firing rates in sensory cortex and is believed to improve behavioural performance. Visual cortical responses reflecting an item's significance is a result of simultaneous top-down modulation from frontoparietal attentional regions (LPFC) and emotional modulation from the amygdala. In this manner, behaviour is both cognitive and emotional

Cognition and motivation are integrated in the lateral prefrontal cortex (LPFC).

Motivation is defined as what makes one work to obtain a reward or to avoid punishment. The lateral prefrontal cortex (LPFC) is activated with external visual, tactile and olfactory stimuli and is critical for the maintenance and manipulation of information. It is also believed to detect conflict and perform 'cognitive control' operations that regulate the flow of information during non-routine situations. This region not only holds information concerning an object, but is also modulated by reward magnitude.

Association of outer and inner information is important for taking decisions, inhibiting those irrelevant stimuli, which might disturb. The left PFC is involved in approach-related, appetitive goals, especially when multiple alternative responses are possible.

Circuit for executive control is of a cognitive-affective nature

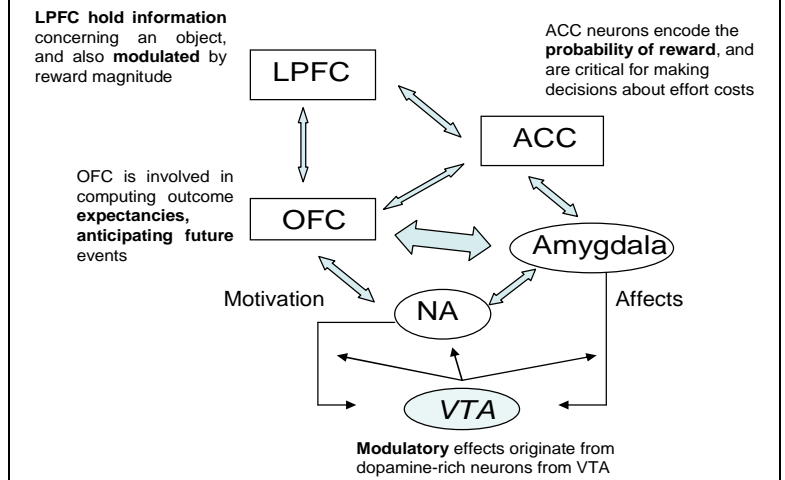
LPFC acts as a control hub. It can also integrate the content with both affective and motivational information. The convergence of both informations enables the LPFC to dynamically weigh multiple types of information in guiding action.

The participation of the amygdale, the OFC and the nucleus accumbens on the control circuit means that strategies for action dynamically incorporate value. Modulatory effects originate from dopamine-rich neurons from VTA.

The anterior region of the cingular cortex (ACC) becomes active in the evaluation of how should behave in the affective response when dealing with others. The function of the ACC includes conflict detection. ACC neurons encode the probability of reward and, at the same time, are critical for making decisions about effort costs. OFC is involved in computing outcome expectancies, anticipating future events extends to the amygdale. Therefore it discriminates among different types of response, allowing correct behavioural adaptations.

Other brain function that requires cognitive-emotional integration are the occipitotemporal cortex. The so-called fusiform cortex (Fu) contributes and facilitates understanding the child.

Circuit for executive control. The convergence of both cognitive and affective/motivational information enables the LPFC to dynamically weigh multiple types of information in guiding action. The participation of the A, the OFC and the NA in the on the control circuit means that strategies for action dynamically incorporate value.



In summary, amygdala is the most highly connected (structural connectivity) region of the brain. It makes very widespread projections, connecting with cortical areas the analysis. It occupies a position at the very geometric centre of the topological map. Overall, it appears that the amygdale, a core affective region, is at least as well situated to integrate and distribute information. The region on the right hand side of amigadala processes negative emotions and it has also been called *the centre of fear*. This brain area alerting on

danger in social interactions is silenced in the presence of the child; and other subcortical regions become also silent.

SOCIAL DECISION-MAKING

Human lives consist of a constant stream of decisions and choices, from the everyday to the highly consequential. Essentially, the study of decision-making attempts to understand our fundamental ability to process multiple alternatives, and to choose an optimal course of action.

As indicated above, seeing how a mother responds to her own infant when smiling or crying may be a model to understanding the neural basis of personal attachment. In social situations, the evaluation of emotional information conveyed by the facial expressions of other individuals becomes a central aspect of the decision-making process.

Neural systems involved in response inhibition in decision making

The ability to generate appropriate responses in social situations often requires the integration of emotional information conveyed through facial expressions, with ongoing cognitive processes; the response inhibition plays a key role.

Functional magnetic resonance imaging has been

used⁶⁰ to investigate the emotionally guided response inhibition. Participants performed go/no-go tasks involving either letters or happy and sad faces. In these tests subjects were presented with happy or sad faces and were required to withhold responses for faces of a particular valence; standard go/no-go task involving letter sequences served as a comparison task for the emotional version. To determine the distinct neural circuitry engaged by happy and sad faces, as well as the neural regions responsible for inhibition during both emotions, the emotion task was divided into four distinct conditions. During a “happy-go condition” or a “sad-go condition” participants were instructed to respond to all faces. In a “sad no-go condition”, or in a “happy no-go” condition presentations were divided evenly between happy and sad faces, and participants were instructed not to press for sad faces or to press for happy faces, respectively. This design allowed for direct comparison between each no-go condition with its respective go condition and direct comparison of emotional trials with standard (nonemotional) trials.

The fMRI results indicate that, independent of stimulus features and emotional salience, a core set of brain structures mediates response

⁶⁰ Shafritz, K. M., Collins, S.H. , Blumberg, H.P. (2006) “The interaction of emotional and cognitive neural systems in emotionally guided response inhibition”. *NeuroImage* 31, 468 – 475.

inhibition. However, the inclusion of emotional information leads to the recruitment of paralimbic brain regions that process these signals and allow for appropriate decisions. Inhibition, within an emotional context, seems to recruit a distinct set of brain regions that includes areas beyond those normally activated by response inhibition tasks and that can be modulated by emotional valence.

1. Inhibiting responses to emotional faces activated *inferior frontal/insular cortex*, whereas response inhibition during the letter task did not strongly engage this region. Insular cortex is preferentially recruited for the emotional no-go conditions because of the specialized role of this region in the detection of emotional states. The anterior insula has also been implicated in more abstract emotional states, such as empathy. This region may serve to monitor the ongoing internal emotional state of the organism and integrate sensory information with motivational salience to guide behavioral responses.

Primary role of the insula was to guide the decision to respond or inhibit by analyzing the affective information conveyed by the happy and sad faces. The insula was most recruited when these offers were rejected and positive responses were withheld. Similarly, the association of insular cortex with negative emotional states, particularly disgust, supports the idea that this region would be most active during withdrawal behaviour, such as response inhibition. Therefore, when decision

making includes a strong emotional or motivational component, the anterior insula may incorporate the affective information into the decision-making process and determine whether it may be necessary to inhibit an ongoing behavioural response. In addition to its putative role in affective neural processing, the anterior insula has also been implicated in more global cognitive processes, such as attention and inhibition in non-emotional contexts.

2. In addition, distinct regions of *ventral anterior cingulated cortex* were preferentially activated for sad faces in the go and no-go conditions. Region in ventral ACC can be modulated by emotional valence. Activation within ACC can be modulated by emotional valence, as sad stimuli activated regions of ACC more than happy stimuli. Two distinct regions of ventral ACC were activated depending on the specific requirements of the emotional task. One (a region of pregenual ACC located at the intersection of dorsal and ventral cingulated), was activated when the task required participants to withhold responding for sad faces occurring among happy faces. Two (the more ventral subgenual ACC), was recruited when the task required responding.

The conditional recruitment of specific regions within ACC in the current study is interesting in light of the proposed role of this structure as a critical interface between emotion and cognition. Consistent with the notion that the ACC serves as

an interface between emotion and cognition, authors suggest that the pregenual ACC activation found during the sad inhibition condition represents a unique region of ACC that integrates emotional and cognitive neural signals. Thus, the emotional inhibition task additionally recruits the ACC at the intersection of its cognitive and emotional subdivisions, a region to integrate emotional and cognitive information. These findings suggest that emotionally guided response inhibition may require not only the cooperative effort of cognitive and emotional brain regions but also distinct regions that are specifically recruited to process cognitively demanding information in an emotional context in how these two neural processes interact to guide behavior in a socially relevant context.

Results indicate that certain brain regions are recruited during this decision-making process that may give meaning to emotional facial expressions and allow for the most appropriate behavioural responses in a given situation. The emotional appraisal occurring in the anterior insula is then integrated with other signals in ventral ACC, and it is this integrative process that allows for the most appropriate behavioral decisions in social contexts. The neural systems specifically engaged during the no-go blocks could include brain regions responsible for decision making under high cognitive demands; and the most salient cognitive process during the no-go blocks is response inhibition.

The last cognitive control system

This type of highly processed information would also be able to support the more abstract processing that is required for cognition. To perform that, a broader cognitive-affective control circuit should exist.

The emotive and cognitive processed response may be personally accepted or rejected. This important dimension of cognition involves behavioural inhibition. Response inhibition (the processes required to cancel an intended action) is believed to involve control regions in the prefrontal cortex.

The prefrontal cortex has as its main function that of inhibiting to avoid the confusion, which might be generated with the high number of stimuli the brain might receive. Without that function of "liberation of functions", usually inhibited might take place. Perhaps where this phenomenon might be better observed is in the orbitofrontal cortex with its capacity to inhibit instincts and the limbic system in general.

Frontopolar cortex (FPC), the most rostral portion of the human prefrontal cortex (Brodmann's area 10) activated in multitasking behavior, in which subjects postponed the execution of a task to perform another first. Sequencing of tasks to be endeavoured, establishing a schedule, that breaks the automatism of neural processes. Human capacity to postpone instinctive satisfaction and

probably other satisfactions as well might be supported by the prefrontal cortex. It is known that any human being, a mother in this case, may offer her entire life without the hope of a reward she is uncertain to receive. This presupposes a considerable capacity of thinking in advance, a function also bound to that part of the brain, as it will be commented later.

Etienne Koechlin and Alexandre Hyafil⁶¹ have proposed a neurocomputational model of human frontopolar cortex function. According to these authors three types of neurons interact among them in an excitatory and inhibitory way and located in the lateral prefrontal cortex (Lpc); medial/orbital frontal cortex (Ofc) and neuronal populations in the lateral prefrontal cortex (Lpc); medial/orbital frontal cortex (Ofc) and frontopolar cortex (Fpc).

Brain areas commonly activated in social decision-making. A computational model of human frontopolar cortex function (FPC).

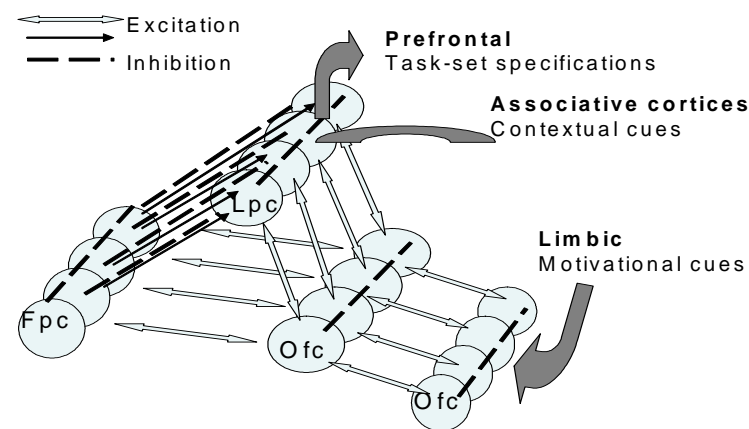
FPC the most rostral portion of the human prefrontal cortex activated in multitasking behavior, in which subjects postponed the execution of a task to perform another first.

1. Strong lateral inhibition within Lpc and Fpc enforces task-set selection; strong self-excitation

⁶¹ Koechlin, E., Hyafil, A.(2007) "Anterior Prefrontal Function and the Limits of Human Decision Making". *Science* 318, 594-598.

facilitating task-set maintenance in the absence of any external inputs.

2. Weak lateral inhibition and self-excitation within Ofc enables Ofc neurons to maintain reward expectations related to multiple task sets, but only those corresponding to the task sets maintained in Lpc and Fpc.



3. Ofc includes an input layer storing and updating expected reward values associated with task sets with respect to input signals (external or internal contextual cues): A) Lpc and Ofc neurons are reciprocally connected and receive input signals from other brain regions (posterior associative and paralimbic cortices) cueing activity toward specific task sets and updating expected future rewards; B) According to reward expectations, Fpc units form a possible back-up buffer for storing a previously selected task set in

Lpc, while Lpc units are representing another. The Fpc buffer enables to possibly reconstitute in Lpc the pending task set and consequently to reconstitute its specifications in lower brain regions for execution, even in the absence of any external inputs.

Lpc and Fpc neurons are activated during the pending period. This situation perpetuates until one expected reward value drops below threshold: the active task set is discarded and the pending task set becomes the active one for guiding subsequent behavior.

The second most rewarding task is placed in a pending state in the FPC, while lateral prefrontal regions are controlling the execution of the most rewarding task, provided that the future rewards expected from the two task sets are large enough. Thus, cognitive branching occurs and FPC is recruited with no supervisory optimization and control, because it would have been too costly to discard the second most rewarding task as suggested by empirical results.

It is of interest to emphasize that braking the flow of information is the key to understand that the response or decision is not strictly determined in the dynamics of the neural process. It is possible to reconstitute again in Lpc. What in taking decisions is underlying is the liberation of automatism in the dynamics of cognitive and emotional flow precisely due to the inhibition

capacity..

LPFC might therefore act as a control hub in which multiple types of information converge and are integrated. Critically, the convergence of both cognitive and affective/motivational information enables the LPFC to dynamically weigh multiple types of information in guiding action.

In summary, decision taking affecting other people requires the activation of brain areas.

1. The LPFC, the ACC and the parietal cortex guides behaviour while maintaining and manipulating goal-related information. LPFC circuits are especially adept at maintaining information for brief temporal intervals and manipulating information. The parietal cortex, in conjunction with the PFC, has an important role in the *control of attention*.

2. Since it is necessary taking into account the costs and benefits of such goals and actions, the participation of the amygdale, the OFC and the nucleus accumbens in the on the control circuit means that *strategies for action dynamically incorporate value*. In particular, the OFC and medial PFC are involved in computing outcome expectancies; the OFC's role in anticipating future events extends to the amygdale. Finally, dopamine neurons located in the ventral tegmental area and the substantia nigra (pars compacta) project not

only to the nucleus accumbens, but also to the frontal cortex, including the LPFC.

3. The *prediction and expectation of future rewards*, including reward prediction errors, which might be an important function of the dopamine system, should feature prominently in the temporal unfolding of control. First, the ACC appears to be involved in computing the benefits and costs of acting. Second, the LPFC has a role in maintaining and manipulating information, but can also integrate this content with both affective and motivational information.

4. It is also important to consider the role of ascending systems. The basal forebrain receives both cortical and amygdala inputs. It seems that a group of specific topographically organized prefrontal–basal forebrain–prefrontal loops exist. Such loops provide a direct substrate for cognitive–emotional integration.

5. Additionally, hypoactivation in the left PFC is linked to depression. By contrast, the right PFC is proposed to be involved in situations that require behavioural inhibition and withdrawal, again, especially when alternative approach options are possible.

PEOPLE ARE NOT “OBLIGATE ALTRUISTS”: NEITHER ARE MOTHERS

Humans are able to live in large groups and to cooperate with unrelated individuals. They help others. Humans must be more than self-regarding rational decision-makers; they must also, at least to some degree, have concern for outcomes and behaviors affecting others, as well as a general concern for norms of fairness. Other regarding preferences and aversion to inequitable outcomes, which play key roles in human social organization, distinguish us from our closest living relatives.

People may be altruist, but people are not obligate altruists. People may be generous but do not tolerate abuse of their generosity. They punish who exploit them even if they themselves do not benefit from correcting the behavior of norm violators.

Neuroeconomic approach to the study of social decision-making has the potential to extend our knowledge of brain mechanisms involved in social decisions and to advance how we make decisions in a rich, interactive environment. Social exchange can act directly on the brain’s reward system, and affective factors play an important role in bargaining and competitive games, and how the ability to assess another’s intentions is related to strategic play. Although relatively understudied, these social situations offer a useful window into more complex forms of decisions, which may better

approximate many of our real-life choices.⁶²

Changes in the brain of mothers are mediated by different hormonal and neurochemical factors and generate a strongly altruistic maternal behaviour. Mothers help their children at a great personal cost.

Positive sensory cues from infants, such as a smiling facial expression, may stimulate dopamine release in the striatum and promote responsive maternal care. A smiling infant's face usually leads to positive affective arousal in a mother, associations with other rewarding experiences, and contingent behavioral responses such as smiling, caressing, or playing. However, a distressed infant usually evokes an empathic emotional response from a mother, as well as cognitive processes to determine, on the basis of past experience and knowledge, possible causes and remedies for her infant's distress.

The stimuli from their own infants are powerful motivators for a mother to respond to their demands. In responding to infant social cues, whether positive or negative, mothers need to integrate both affective and cognitive information about their infant, and evaluate competing demands, before choosing the most appropriate behavioral response.

⁶² Alan G. Sanfey Social Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience. *Science*, 2007, 318. 259-262.

The strength of natural maternal attachment does not give to maternal love the automatism of neurological processes of animals. Not all the mothers are generous in the same way: their responses are personal (unequal and different). A mother might not respond to the demands of her child, when she thinks that something else might be better.

Pregnancy prepares the mother to recognize the demands of the infant and respond to them with care and love. Mothers not only care their children, they educate them. The development of affective-emotional attachments is the result of a neurobiological framework specifically human.

On the contrary the closest living relatives to humans, chimpanzee (*Pan troglodytes*) engage in cooperative behavior such as group hunting, coalitionary aggression, and territorial patrols, but chimpanzees, however, simply attend to their own expectations with no regard for what others receive. Test for examining sensitivity to fairness and other-regarding preferences is the "ultimatum game"⁶³. In an ultimatum game, chimpanzees are self-interested rational maximizers and are not sensitive to fairness.

⁶³ Jensen, K., Call, J., Tomasello, M. (2007) "Chimpanzees Are Rational Maximizers in an Ultimatum Game". *Science*, 318 107-109.

“Experiencing the future”.

All animals can predict the hedonic consequences of events they’ve experienced before. With practice animals learn to associate pleasures and pains with their antecedents which enables them to steer toward pleasure and away from pain before they actually experience either. Humans have this ability too; but they can also predict the hedonic consequences of events they have never experienced.

This ability, as reviewed by Daniel T. Gilbert¹ and Timothy D. Wilson⁶⁴, presupposes simulating those events in their minds. Thus, humans can have retrospection (refer to our past, reexperience the past) and prospection, which refers to our ability to “pre-experience” the future. The mental representation of a past event is a *memory*, the mental representation of a present event is a *perception*, and the mental representation of a future event is a *simulation*. Mental simulation is the means by which the brain discovers what it already knows.

The brain combines incoming information with stored information to build “mental representations,” or internal models, of the external world. When faced with decisions about future events, the *cortex generates simulations*, briefly tricking subcortical systems into believing

⁶⁴ Gilbert, D. T., Wilson T.D. (2007) Prospection: Experiencing the Future. *Science* 317, 1351- 1354.

that those events are unfolding in the present and then taking note of the feelings these systems produce. The cortex is interested in feelings because they encode the wisdom that our species has acquired over millennia about the adaptive significance of the events we perceive.

People mentally simulate future events and use those simulations to predict the event’s hedonic consequences. For that, people use their immediate hedonic reactions. These simulating actually allow people to “preview” events and to “prefeel” the pleasures and pains those events will produce.

1. The brain frontal cortex appears to play a critical role in simulations process. Patients with damage to the prefrontal cortex are described as being “bound to present stimuli”. Neuroimaging studies reveal that the prefrontal cortex and the medial temporal lobes are strongly activated by prospection. Animals, in spite of having evolved strategies to solve problems involving future events such as impending food shortages, they do not achieve these solutions by simulating future events. Indeed, the ability to simulate and pre-experience the future does not appear in human children until the appropriate region is developed, when they are 3 or 4 years of age.

2. Prefeeling depends critically on the ventromedial prefrontal cortex. It appears that the activity of midbrain dopamine neurons encodes information about the magnitude of pleasure that a future event is likely to produce. Simulation of

pleasurable future events activates subcortical structures such as the nucleus accumbens and the anterior regions of the ventral striatum. However, simulation of painful future events activates the amygdale and/or the posterior ventral striatum.

Cortex cannot generate simulations that have all the richness and reality of genuine sensory perceptions. In fact, our hedonic experiences are influenced both by our mental representation of the event and by contextual factors. Usually the prospection processes are based on simulations that are unrepresentative; they are based on a small number of memories because remembering our last one may be sufficient. Simulations are naturally abbreviated and represent just a few select moments of a future event. And they are decontextualized.

Although prospection allows us to navigate time in a way that no other animal can, we still see more than we foresaw. The richness of emotional life of the mother permits that the frontal cortex simulates future events trying to find out what subcortical structures know. And her predictions become more accurate if she is specifically encouraged to consider the contextual factors, because she has habits of reflexion.

TOWARDS A DESCRIPTION OF BRAIN/MIND RELATIONSHIP

The complex emotional-cognitive maternal behaviour offers significant data, which help us entering what is specifically human in brain/mind relationships.

“Correlates” between psychic and neural phenomena have been insisently searched, the term “correlate” being understood as a relationship between what is neural causing what is psychic. The paradigm installed in life sciences regarding the dynamism of temporal processes of living beings allows us to approach the concepts of vegetative, sensitive and intellect life as a unity, human life including the inferior levels of animal and plant life. Feeling is an act of a living organism and not of its brain, in the same way that thinking is proper of a living person.

Any form of life has as its key feature the fact that it posseses information for its construction and development. The dynamism of the living being is *regulative epigenetic*: the signals of the environment, which are generated by the process, modulate, expand and act as a feedback of the starting information in a unitary way in space and time and ordered to living. The dynamism of the brain flow of information is also of epigenetic nature.

The growth of the organism (the differential development of the organs) does not break the unity of the individual.

The material support of the genetic information, the chromosomes, is the same for all the cells of the organism. However, along each line of cellular differentiation, only certain genes are specifically expressed and other genes are suppressed. Genetic information (the sequence of DNA nucleotides) is expressed or updated every time in the adequate place of the organism in development. Different organs evolve from different cells, all of them having the complete genetic information, but updating only part of it. To coordinate the whole unit a fine regulation of gene expression in each cell is required. That way liver and all the organs in the body are constructed and begin to work at the right place and in the right moment.

Genetic information, nucleotide order in DNA, is immaterial and it is the formal cause of the construction of the different components of the organism. It is a first level of information. This information is controlled by the expression of genes. Coordination is a second level of information emerging from the process itself. The process itself permits to reach a higher level of information (second level), thus allowing matter to acquire its complete form. This information is not genetic (it is not a consequence of nucleotide sequence); it is what in biology is referred to as

epigenetics.

Each stage of cell differentiation leaves a mark in the material support (changes in the structure of DNA, or chemical changes in its bases) thus regulating gene expression. This new information leads and controls as a unit the differential expression of genes. Genetic information is brought up to date in each cell and subjected to the entire organism as a unit. That information would be potentiating the form, thus being the formal cause of growth as a unit.

The growth of the organism has a limit of space and time, which is intrinsic to the living being. Biological life, being a continuous renewing of potentialities, follows a route with a precise beginning and end established by the complete unit. Genetic information does not change, and epigenetic information has a feedback linked and limited by growth.

Activity of neurones initiates a new type of growth

Any organ, tissue or system of an organism, with the exception of nervous system, reaches an end in the prenatal period. Their structures are complete and carry out their specific functions. However, we might say that the nervous system reaches the terminal phase of its organic growth. The nervous system is arranged as a unit with a plurality of functions; and at the same time its aim would not

be its own display.

The individuals of each animal species have genetic information to construct the cells of the nervous system and the molecules allowing and regulating the connexion among neurones. Similarly to those two formal levels (genetic and epigenetic information) of organic growth, the construction and maturing of nervous system, and especially the brain, depends also on two levels of information.

The first level of information depends each moment on neurones and circuits of transfer of information, which are functionally active. They are not only anatomical, but also functional. Neurones occupy their corresponding anatomical place, but they may be connected through a spatial network; these connexions are functional and the whole network synchronized. On a neurone different synapsis may converge at a given momento. Each one leaves its message, and the neurone integrates them and sends to other neurones divergent messages transmitting impulses. Differentiated cells of the nervous system are active and living; the first level is the activity of the neurone.

The functional dynamics of the brain requires a second level controlling and integrating the diverse functions of the activity of the neurones: unity is to be preserved in the middle of changing connexions. This function should be harmonizing

changes, interruptions and beginning of transmissions of information. And it should be integrating in the right way diverse functions. As it has been indicated above, functional circuits include both multiple regions and neuromodulatory systems; and the brain has areas with a high degree of connectivity, called hubs, critical for regulating the flow and integration of information between regions; and the brain has also regions that are not as highly connected.

Nervous system acts dematerializing, leaving matter away. It does not depend so much from cells, as from transmission functions (first level). At the same time, neurones or circuits, functionally active in a precise moment, have to be integrated through the unifying connexion function (second level). Integration presumes that whatever is already in act, the activity, has to be with a potency of giving a "plus". Nervous system is not only formed by cells; it integrates all that, which is part of it. Therefore, the connexion function, or cognoscitive faculty bound to an organ, is the source of sensitive cognoscitive operations.

This potentiation of neurones is in agreement with the neurological concept of inhibition. At the interneuronal level we find excitatory and inhibitory functions. Potentiating the information (form) is

eliminating from it whatever is efficient material cause of the stimulus. The stimulus generates various types of circuits, related among them, if the product of the activity of them is a triggering cue to another circuit⁶⁵. The brain receives the stimulus, reaching it due to the efficiency of an excitation.

In order to potentiate the informative content of the stimulus, it is necessary to inhibit or lower the excitation. Inhibition consists of an attenuation of efficiency and a lowering of the material component in the physical-organic. That way it becomes integrated in the functional unit of the organ. Living neurones somehow “become dematerialized”; and because they are alive they are inhibitory, and they may be inhibited. They do not exert an inhibitory action (through a substance), but they are inhibited in act, and being inhibited, their form is being delimited.

This de-materializing, elevating what is formal at the expense of reducing what is material and efficient in the stimulus, permits to jump from what is organic to what is intencional. And besides it is juxtaposing in time what is synchronizable. Inhibition is not reducing

⁶⁵ Damasio, Antonio. *El error de Descartes*. Ed. Crítica. S.L. Third Edition, Drakontos Bolsillo. 2007, p.295

the potency; it is simply a brake to the excitation of the neural circuit.

What is psychic or mental is the result of the integrating mechanism of the neural function, and it is not identified with it. It does emerge from the development of the nervous system following the epigenetic laws proper to the individual as belonging to an animal species. The dualism between what is intentional and real is not a parallelism; they are simply juxtaposed. Feeling and perceiving, for instance, are a single act in two dimensions, physiological and mental; they are not at all two related acts.

Sensitive life of the living animal

Nervous system fulfills functions involving our knowledge, trends, motion, etc. It does organize in a living unit the different sensitive cognoscitive operations, tendencies, motions, and so *animal behaviour* emerges. The sensitive animal life is immanent, i.e. it performs a dynamic integration permitting the individual react as a whole. The response of the animal to a stimulus (food, for instance) is not a simple physical mechanism produced only by interactions of molecules and cells; it is physiological, i.e. integrated in the living unit. The stimulus is not the cause of the response; it is only the occasion so that the animal reacts as a unit. Animal behaviour is intentional;

the tendency or instinct to eat in order to satisfy hunger depends on the function ruling the need to secure food and preserve life in the environment proper to the individuals of that species. The response of the animal to the stimulus is an automatism directed from inside to secure survival of the individual and the species. The animal knows and responds as a function to perform that.

In spite of the fact that the animal is even capable of knowing intersubjectively other animals, this knowledge is always in the state of “on”, in the “present time”, while the object is present. The knowledge of the animal is included in the automatism of the response, and it is always acting to secure biological survival. It might be said that animals are self-interested rational maximizers. They are locked inside their automatism, inside their neurophysiology: events they have experienced before cannot help them to predict the hedonic consequences. Animals live always in the present time and never come out of their closed biology. Animals do not know objects as objects.

Knowledge of the animal is therefore integrated in the circuit stimulus-response. Sensitive knowledge in the animal requires very little potentiation of neurones, very little inhibition; in fact, knowing for them is only a phase of the response to the stimulus. Some animals with a knowledge considered “curious” or “strange” and not completely automatic might be considered as an exception. We might state that the function of connexion is poor and

limited. Sensitive life does not require that automatism should be broken. This is the limit of sensitive knowledge, which is not integrated at a higher level.

In humans psyche is open, and released from the automatism of the “animal mind”

Knowledge entering through senses does not go from what is physical to something else being also physical. It goes to what is intentional, due to the braking of neuronal excitation (inhibition). And the response to the stimulus allows again entering into the physical world. Human sensitivity is much richer than that of the animal, because human neuronal basis is highly plastic and capable of establishing thousands of synaptic connections. And similarly to what happens in animals, humans possess a function of brain connection⁶⁶ integrating the connective act to a much richer sensitivity.

⁶⁶ It is interesting to consider that the difference between genomes and chimpanzees of human beings and chimpanzees consists mainly in a higher expression in man of genes directing connections between neurones while brain is developing (cfr. review, Pennisi, E. (2006) “Mining the Molecules That Made Our Mind”. *Science* 313, 1908-1911; López-Moratalla, N. (2007) *La dinámica de evolución humana. Más con menos*. Eunsa). It should be added the fact that incorporation of stem cells in the reserve to brain circuits takes place mainly in the brain cortex; that would be equivalent to say that neurogenesis in adult life means a selective contribution to specific cognitive functions (Zhang, Ch-Li, Zou, Y., He, W., Gage, F.H., Evans, R.M. (2008) A role for adult TLX-positive neural stem cells in learning and behaviour. *Nature*. doi:10.1038/nature06562)

As it has already been pointed out, human behaviour differs from that of the animal. Each human being has an objective knowledge of reality, as reality itself and not as a mere convenience to solve biological needs. That detachment of “the other” to take care of something is accompanied by a voluntary acceptance and attachment, or detachment, of affection or disaffection to that “other”; all this being proper to human conduct.

Man is capable of drawing experience from an intelligible and essential abstract structure independently of biological needs. And this operation might be “*off*” and not only “*on*”. They may be “*on*” and “*off*” simultaneously. Man takes decisions; past is brought to the present and projected to the future. Man may *experience futurity*: he can predict the hedonic consequences of events he has never experienced. That human capacity of having simultaneously as present past, present and future forces thinking to be accompanied by an act of conscience: a reflexivity inseparable of cognitive intention. When viewing reality with conscience of being himself and at the same time different from reality, human conduct does not only tend to something; human conduct directs itself to aims of the subject itself.

Only human psyche possesses the function of conscience; that function allowing man detaching himself from the world outside himself and becoming conscious of himself. Which function is

taking care of establishing the boundaries between functioning of the brain and what is consciously known? It is indeed a regulatory function of dynamic integration of multiple brain faculties, cognitive and emotional, carried out by the very summit of the hierarchy of nervous system.

Brain cortex, and specially the frontal lobe, is the most flexible region, and prone to be braked; this area keeps control of other archaic areas. In general, with regard to the flow of information to the cortex and their connexions (from the physical to the intentional) inhibition predominates, as already pointed out; however in the flow starting in the cortex excitation predominates. Terminal inhibition of neurons in the cortex is not required for other functions of the nervous system not required to knowledge.

Braking of neuronal processes, exerted by inhibition, is not extrinsic. A regulation (second level) of functional dynamics is involved liberating psychic structures (first level) from biological automatism. That way mental phenomena are released and controlled by the person, allowing him to direct activities not directly linked to what is strictly organic: intellectual knowledge and free decisions. This control is indeed intrinsic and decisive, integrating cognitive, emotional and vegetative elements, and acting on psychic structures.

Faculties exerting that control (intelligence, ability

of exerting love) are not organic. A clear sign of this is that they grow by habit and are open in an undefined way, i.e. not limited by organic structures. They do reside in what commonly called freedom or spirit. Obviously, human thought cannot be neurologically localized; but it always operates on psychic phenomena, which do have a physiological component. For example, when we refer to “dryness”, we think of “something” or “somebody” and that “something” or “somebody” has been previously in other faculties and in a different way. And exactly the same happens, if something is desired. That is precisely what the traditional sentence states: nothing in the intellect, if not prior in senses.

As a summary it may be stated that the response to stimuli and the decisions to be taken demand a regulation of the functional dynamics with a hierarchical structure liberating psychic structures subjected to brain functioning. Braking through inhibition forces a synchronization of circuits to be integrated; and at the same time it allows their partial activity and their integration as a unit, which is the response and decision.

Are responses and decisions determined and established in man?

And a last question to be considered. Are we free to follow the response to stimuli and the decisions taken by the final hierarchical control? Human beings are very unpredictable when choosing a

response; and apparently their decisions might be different under seemingly identical situations. The biological basis of this lack of determination turning man unpredictable –free– may be understood from the perspective of the *caotic* functioning of each individual brain.

In fact, the processing of information from neuronal circuits is complex. The flow of information (membrane potentials, chemical signals, etc.) is permanently active and with a dynamism characteristic of caotic systems⁶⁷. The brain operates in an undetermined and unpredictable way, and is highly sensitive to a change in initial conditions. The expression “stop and think a little bit” is highly consistent: thinking really permits the inhibition of automatic circuits. Even more, that braking, when voluntary, introduces *personally* a change in the initial

⁶⁷ The intrinsic irregularity of the temporal and spatial dynamics of complex Systems is the irregular side on Nature; discontinuities and unpredictable behaviours are neither imperfections nor exceptions. It means not only an increase in the degree of freedom of a phenomenon, but a guideline arising from what is formless. Indetermination in the direction of a process is not random. An oscillation of the moment changing the fluctuation, an uncoupled frequency or an intermittence may lead to an undetermined aperiodic behaviour of a system in the absence of noise or any type of internal or external fluctuations. It may be asserted without any doubt that brain is the most caotic organ. Functioning of the brain does not respond to a lineal mecanicist simplification. (F. Montero y F. Morán *BIOFÍSICA. Procesos de autoorganización en Biología*. Ed EUEDEMA; J. Gleick. *Caos, la creación de una ciencia*. Ed. Seix Barral, Barcelona, 1988).

conditions of neural information.

It may be stated that that the response, once it has been decided, is not subject to regulation: it has the automatismo of the excitation. But breaking the automatism in the preparation of the response (i.e. making it unpredictable, not bound to a blind determinism) is the minimal change of the conditions in the hierarchical integration.

As a conclusion, we may state that pregnancy prepares the brain of the woman in such a way that her mind is capable of recognizing her child and each one of his or her demands. Mothers are ready to fulfill at any rate any demand of the infant. Routes potentiating brain processing of relevant stimuli in interpersonal relations are built. All the areas of the brain cortex, which are activated, correspond to neural zones carrying out cognitive-emotional processings. In these processes of integration, the limbic system unites and coordinates synchronic activations and deactivations of its components. That way an authentic bond of attachment, natural and stable is generated through the integration of circuits activated or silenced by visual or auditory stimuli coming from the infant. However, the behaviour of the mother is not closed, as it happens with animal mothers. The response of the human mother might be altruist or not: she can break the automatism of the response. She does not feel herself to be “forced” to act as an altruist. And this care for her child is not performed in an automatic

way. Maternal love is a personal dimension.

Acknowledgments: Special thanks to Professor José Manuel Giménez Amaya and Professor Esteban Santiago for their invaluable counsel in the preparation of the manuscript.

EL CONTROL DE LA TECNOCIENCIA: LAS NANOTECNOLOGÍAS COMO EJEMPLO

*Javier Echeverría, Profesor de Investigación del
Instituto de Filosofía (CSIC) e Investigador
Ikerbasque (Departamento de Sociología 2,
Universidad del País Vasco)*

EL CONTROL INTERNO DE LA CIENCIA.

La ciencia es una actividad humana muy controlada. Las comunidades científicas se encargan por sí mismas de verificar los datos, las observaciones, las demostraciones y los experimentos que los científicos y los laboratorios realizan. Como señaló Merton, la repetición de toda acción científica por parte de otros investigadores y grupos es una de las reglas

básicas de la práctica científica. No basta con publicar lo que uno ha descubierto. Una vez publicada una contribución científica, su pertinencia, exactitud y relevancia será sistemáticamente comprobada por otros investigadores, los cuales ratificarán o no los resultados obtenidos. Esta es una diferencia estricta entre la ciencia y otras actividades que generan publicaciones y conocimiento, por ejemplo la literatura o la creación artística. Es frecuente hacer copias de las grandes obras de arte, pero con el fin de aprender, no de controlar. Aunque siempre hay un primer descubridor, o varios descubridores simultáneos, la práctica científica se caracteriza por esa repetición continuada de las acciones científicas (observaciones, mediciones, demostraciones, experimentos), que corre a cargo de investigadores distintos e independientes. Esta verificación iterada de los resultados incrementa su validez y corrección, porque permite detectar errores y defectos. El sistema de control intersubjetivo se ha mostrado muy eficaz a lo largo de la historia de la ciencia y es garantía de la objetividad de los resultados, entendida la objetividad de la ciencia al modo de Popper, como intersubjetividad.

Se trata de una modalidad de control *ex post*, puesto que se lleva a cabo sobre hipótesis y resultados que ya han sido presentados o publicados, y por tanto son del dominio público. La publicación es condición necesaria de que algo sea conocimiento científico, pero no suficiente,

puesto que tras la publicación hay toda una serie de comprobaciones y verificaciones de los resultados presentados. Se trata de un control epistémico y metodológico, puesto que atañe ante todo a la originalidad, validez, corrección y fecundidad del conocimiento que se ha hecho público, así como a los procedimientos y métodos que han posibilitado su obtención. Dicho control implica una valoración, positiva o negativa, pero los criterios de valoración no son religiosos, políticos, ideológicos y sociales, sino estrictamente epistémicos. La investigación científica tiene como objetivo principal la búsqueda de conocimiento válido y esas formas de control interno se refieren únicamente a las posibles mejoras y avances en el conocimiento disponible que pudiera aportar una determinada contribución o publicación. Los científicos, en tanto científicos, no hacen valoraciones morales sobre sus colegas, se centran exclusivamente en el conocimiento que aportan. Diremos pues que esta primera modalidad de control interno de la ciencia es *epistémica, metodológica y a posteriori*.

Los científicos han instituido otras formas de control de la actividad científica. La más conocida es el *peer system review*, que consiste en un sistema de evaluación de las publicaciones científicas previa a su aparición en las revistas o actas de congresos y reuniones. También es un control de índole epistémica y metodológica, pero, a diferencia del anterior, se lleva a cabo antes de que el artículo o la contribución sea publicada, *ex*

ante. El control lo hacen dos o más *referees* del mismo o mayor nivel académico que tiene la persona o grupo que propone la publicación del artículo (pares). Los procedimientos de evaluación suelen estar prefijados por los editores de las revistas, de modo que haya unas garantías de imparcialidad y objetividad en los procesos de evaluación. La provisión de puestos de trabajo, contratos, proyectos de investigación o becas suele guiarse, al menos en principio, por procedimientos de evaluación similares al *peer system review*. Por lo general, este sistema de evaluación *ex ante* ha funcionado satisfactoriamente en el ámbito de las ciencias físico-naturales, aunque ha habido y sigue habiendo excepciones y malas prácticas, para cuya detección también se han instituido mecanismos de control. En conjunto, el *peer system review* ha contribuido mucho al prestigio de la ciencia, al conformar un sistema de *control de calidad del conocimiento producido*. Cuanto más rigurosos son los criterios y prácticas de evaluación, mayor calidad tienen las publicaciones, los grupos de investigación o las instituciones científicas. La ciencia moderna ha generado un sistema de evaluación de la producción y difusión del conocimiento que se ha ido consolidando a lo largo del tiempo, llegando a conformar un auténtico modelo para otros procesos de evaluación. En suma: la ciencia no sólo dispone de una metodología para la producción del conocimiento, también para su evaluación. Sobre esta componente de la actividad científica hay muchos menos estudios que sobre la

lógica y la metodología de la investigación. En este artículo pretendemos subrayar la importancia de esta componente valorativa de la actividad científica.

A este segundo sistema de control del conocimiento científico (*ex ante*) se le añaden otros procedimientos de control. Uno de los más característicos del siglo XX consiste en los índices de impacto de cada publicación, que miden la repercusión mayor o menor de una aportación concreta en función del número de citas o menciones que recibe en las revistas especializadas. También este tercer sistema de medición de la calidad de las publicaciones tiene sus problemas e insuficiencias, habiendo algunas malas prácticas, pero en conjunto ha resultado positivo y se ha conformado como un tercer mecanismo de control del conocimiento científico. Se trata de un control interno y *ex post*, que sigue siendo epistémico, pero también comunitario, porque aparte de la calidad de una publicación mide también su repercusión en la comunidad científica correspondiente. La medición de los impactos aporta prestigio y fama, no sólo reconocimiento de que los resultados tienen calidad suficiente. En suma, sirve para calibrar la *excelencia* de los investigadores y grupos, y en algunos casos de las instituciones científicas. Por supuesto, hay otros procedimientos para evaluar la excelencia de un científico (premios, homenajes, etc.), los índices de impacto no son más que uno de los procedimientos para detectar la calidad del

conocimiento, y en su caso la excelencia.

Las comunidades científicas han instituido otros mecanismos de control, aparte de los tres anteriormente mencionados. Uno muy importante no se refiere a la investigación científica, sino a la enseñanza de la ciencia, o si se quiere a la formación de los científicos. Se trata de una fase decisiva, porque en ella no sólo se adquieren conocimientos teóricos y prácticos sobre una disciplina, sino que, además, cada investigador o futuro profesional hace suyo el *ethos* de la ciencia y los mecanismos de control de cada disciplina. Cuando una persona quiere obtener una determinada titulación científica, ha de llevar a cabo una serie de estudios, subdivididos en cursos, materias y asignaturas. Cada una de las materias tiene sus propios procedimientos de evaluación, que dan lugar a las correspondientes pruebas, exámenes o trabajos, mediante los cuales el candidato a científico acredita que tiene un nivel suficiente de conocimientos en la materia correspondiente, tanto teóricos como prácticos. Como resultado de esos procesos de evaluación surgen las calificaciones, las notas y los expedientes académicos, en los que se resume cuantitativamente el nivel de conocimientos de cada persona, y por ende su cualificación mayor o menor para ser matemático, físico, biólogo, químico o economista. Pero, además, el alevín de científico hace suyo un sistema de valores epistémicos y adquiere unas capacidades y hábitos de autocontrol y de trabajo en equipo, que serán

decisivos para su práctica profesional ulterior. En suma, la educación científica no sólo se refiere a contenidos, también es una modalidad de educación en valores (Echeverría 2002, cap. 4). Por tanto, al hablar del control de la ciencia es preciso analizar también esta etapa de formación de los científicos, porque en ella se configuran buena parte de los procedimientos de autocontrol del científico, así como los métodos de evaluación por parte de los futuros colegas. Se trata de un cuarto sistema de control de la ciencia, centrado en el proceso de formación de los propios científicos.

En esta panorámica general sobre los procedimientos internos de control de la ciencia conviene mencionar un quinto sistema, que afecta a la ciencia aplicada a la resolución de problemas de muy diversa índole (técnicos, industriales, económicos, sanitarios, alimenticios, sociales, etc.). Como en cualquier actividad humana, en el ámbito de la ciencia aplicada también se producen errores y fallos, así como éxitos y aciertos mayores o menores. Pues bien, las propias comunidades científicas han desarrollado sistemas de control *ex ante* y *ex post* de las posibles aplicaciones de la ciencia, sea mediante colegios de licenciados, inspecciones, revisiones periódicas, etc. Dichos sistemas suelen ser complejos, pero resultan decisivos para acreditar la condición de *experto en un determinado tema*. En el caso de la ciencia aplicada los controles ya no sólo son internos a las comunidades científicas, también existen controles externos. Si, por ejemplo, una determinada empresa o institución firma un contrato con un

equipo de investigación o solicita un informe, es lógico que defina unos objetivos y resultados a lograr, así como un procedimiento para evaluar si se han obtenido o no. En la medida en que la ciencia pretenda ser útil a la sociedad, ha de someterse a procedimientos de evaluación externos a las comunidades científicas. La cultura de los expertos, tan típica de la ciencia moderna, tiene mecanismos internos y externos de control, aunque aquí no vayamos a examinarlos, limitándonos a mencionarlos.

Todas estas consideraciones avalan la idea de distinguir cuatro grandes contextos en la actividad científica, en lugar de los dos tradicionales del Círculo de Viena, el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación (Reichenbach 1934). La investigación científica es muy importante, sin duda, puesto que gracias a ella se genera conocimiento; pero la ciencia es mucho más que investigación, ya que también implica formación, evaluación y aplicación de los conocimientos científicos a la resolución de problemas. Por esta razón, distinguimos los *contextos de educación, investigación, aplicación y evaluación*, siendo éste último aquel en donde los científicos controlan las diversas modalidades de actividad científica, trátase del interés y la calidad de los resultados de la investigación, de la precisión de los instrumentos de medida, de la fiabilidad de los datos, de la adecuación de la formación científica de las personas o del interés y utilidad del conocimiento aplicado a la resolución de

problemas. El control de la ciencia depende de este cuarto contexto que, por así decirlo, es transversal, porque afecta a los tres, aunque de manera diferente. La calidad de una investigación la valoran únicamente los científicos, pero en cuanto a la enseñanza de la ciencia y la aplicación del conocimiento científico los procedimientos de evaluación no sólo son internos a las comunidades científicas, también los hay externos. Quien financia un Centro universitario, por ejemplo, tiene pleno derecho a que los científicos que trabajan en él satisfagan unos determinados objetivos y niveles de calidad como formadores de los científicos futuros. Y otro tanto sucede en el contexto de aplicación.

En suma, la ciencia es una actividad estrictamente controlada por los propios científicos, pero conforme adquiere difusión, impregna a las sociedades, se integra en los sistemas de educación obligatoria o se vincula al sector productivo, industrial o de servicios, entonces ha de someterse también a evaluaciones externas a ella. Estas modalidades externas de control a veces afectan a la propia investigación, al ser indispensable el logro de determinados avances en plazos determinados de tiempo para que el proyecto o contrato cumpla los objetivos previstos. Cuando un científico valora los resultados que ha obtenido en sus investigaciones, o cuando otros enjuician sus aportaciones, estamos en el contexto de evaluación epistémica, cuyas normas y procedimientos son específicamente científicos.

Sin embargo, el contexto de evaluación es más amplio, porque también hay otros criterios y procedimientos de valoración de la actividad científica, que son externos a las comunidades científicas.

Hoy en día tiene a concebirse la ciencia como una actividad orientada a la producción de conocimiento, y ello es así; mas, como toda actividad productiva, tiene sus propios sistemas y mecanismos de control de dicha producción. Los científicos dedican buena parte de su tiempo a valorar los resultados que se obtienen, y dichas evaluaciones son otras tantas formas de control interno, que las comunidades científicas tienen perfectamente asumidas como algo propio de la profesión científica. En cambio, los debates y desacuerdos surgen cada vez que se menciona la posibilidad de que haya controles externos y diferentes a los que la propia comunidad científica ha establecido, máxime si dichos controles van a afectar a las líneas de investigación a desarrollar (libertad de investigación), o a lo que deben enseñar (libertad de cátedra). Los científicos valoran altamente su propia autonomía y criterios, debido a que se requiere mucho conocimiento para poder valorar qué es relevante en una determinada disciplina y qué no. Las libertades de investigación y enseñanza son principios firmemente establecidos como valores relevantes que defienden los científicos, y dichas libertades podrían verse amenazadas si se establecen controles de tipo ideológico o religioso, por

mencionar dos de los controles externos que han existido más de una vez a lo largo de la historia, con resultados muy negativos para el avance en el conocimiento. Las comunidades científicas, por tanto, no sólo tienen sus propios valores epistémicos (precisión, coherencia, adecuación, simplicidad, fecundidad y utilidad, según Kuhn). También mantienen otros valores comunitarios, como la autonomía o la libertad de investigación, pero también el prestigio, la fama, la calidad o la excelencia. La ciencia tiene sus propios valores, y precisamente por ello desarrolla mecanismos de control, a veces muy estrictos. Ello no obsta, como hemos visto, para que existan también controles externos de la actividad científica, y ello a lo largo de toda la ciencia moderna.

DE LA CIENCIA A LA TECNOCENCIA.

La situación anteriormente descrita ha cambiado mucho a lo largo del siglo XX, hasta el punto de que, hoy en día, los mecanismos exclusivamente internos resultan insuficientes para controlar la ciencia contemporánea. Durante el siglo XX, en efecto, una parte importante de la ciencia y de la tecnología han experimentado un profundo cambio, generando un híbrido entre ambas, la tecnociencia. Cabe distinguir dos modalidades de tecnociencia, la macrociencia (*Big Science*) y la tecnociencia propiamente dicha. La macrociencia surgió en los EEUU en la época de la Segunda Guerra Mundial y se consolidó durante la Guerra

Fría entre los EEUU y la URSS. La tecnociencia emergió en el último cuarto del siglo XX y está en plena expansión en todo el mundo⁶⁸. En los años 40 del siglo pasado comenzó a hablarse de investigación y desarrollo (I+D), vinculando la investigación científica a la política científica de un país, a la industria, la salud y la defensa. A partir de los años 80 surgieron los sistemas de I+D+i, y posteriormente los sistemas de innovación (Lundvall 1992). En términos generales, la emergencia de las dos modalidades de tecnociencia resultan de esos dos grandes cambios estructurales, la aparición de los sistemas nacionales de I+D y, posteriormente, la de los sistemas de I+D+i, que en algunos casos desbordan las fronteras de las naciones (empresas transnacionales de I+D+i) y adquieren carácter global.

Desde otra perspectiva de análisis, la tecnociencia está relacionada con la emergencia de las sociedades de la información y el conocimiento. Así como algunas ciencias y técnicas estuvieron estrechamente vinculadas a la sociedad industrial a lo largo del siglo XIX y buena parte del siglo XX, el desarrollo de las tecnociencias se correlaciona con una nueva forma de organización social, la sociedad de la información. El recurso continuado a las tecnologías de la información y la comunicación (informática, telemática, simulaciones, bases de datos digitalizadas, e-

⁶⁸ Ver Echeverría 2003 para una caracterización detallada de la macrociencia y la tecnociencia.

science, etc.) es uno de los rasgos característicos de la tecnociencia.

Por tanto, hoy en día conviene distinguir entre técnicas, ciencias, tecnologías y tecnociencias. Las técnicas artesanales han seguido existiendo durante la revolución industrial, no todo se industrializó. Otro tanto ocurre con la emergencia de la tecnociencia. Las ciencias de la época moderna siguen desarrollándose, y también siguen siendo relevantes las tecnologías industriales. Sin embargo, además de ellas, ha surgido una nueva modalidad de ciencia, que no está orientada a la búsqueda del conocimiento como objetivo principal, sino a la generación de desarrollos tecnológicos e innovaciones, lo cual es muy distinto. Las técnicas, las ciencias y las tecnologías siguen existiendo, pero, además, hay tecnociencias (tecnomatemáticas, tecnofísica, tecnoquímica, tecnobiología, tecnomedicina, tecnociencias sociales, etc.). En particular, la tecnociencia no la hacen únicamente los científicos e ingenieros: militares, empresarios, políticos y juristas forman parte de la agencia tecnocientífica y aportan sus propios objetivos y valores, muchas veces preponderantes en relación a los valores epistémicos de las comunidades científicas. La tecnociencia supone un cambio profundo en la estructura de la práctica científica, tanto en la investigación como en la enseñanza, aplicación y evaluación, debido a que ya no son únicamente los científicos quienes determinan los objetivos a lograr, las materias a enseñar o las aplicaciones a

impulsar, sino que otros agentes también intervienen, y a veces de modo decisivo. La tecnociencia militar es un caso obvio, pero otros ámbitos de la investigación también tienden a ser absorbidos por esa nueva modalidad de práctica científica.

En términos más filosóficos, cabe decir que la tecnociencia no se limita a tratar de conocer el mundo, como la ciencia, sino que tiende a transformarlo, no en vano tiene una componente tecnológica muy acusada. Además, las tecnociencias no sólo transforman la naturaleza, sino también las sociedades. Ello es particularmente claro en el caso de la emergencia de la sociedad de la información, claramente posibilitada por la tecnociencia y que comporta un cambio social importante. A diferencia de la ciencia clásica, que tenía escasa incidencia en la vida social, las tecnociencias transforman profundamente la vida de las personas. Por tanto, no es de extrañar que las actitudes y valoraciones sociales de la ciencia hayan cambiado en las últimas décadas, paralelamente a como ha cambiado la propia ciencia en su relación con las sociedades. Si, como sucede en el programa norteamericano *Converging Technologies* (NSF 2001), dicho programa está diseñado para mejorar las capacidades de los seres humanos (*Converging Technologies for Improving Human Performance*), es lógico que la actitud de los ciudadanos ante la convergencia NBIC (nano-bio-info-cogno) que dicho programa promueve sea, como mínimo, prudente,

si no desconfiada. Ya no se trata de conocer al ser humano, sino de mejorarlo. ¿En qué sentido? ¿Qué criterios de valoración se utilizan para dilucidar cuándo han mejorado las capacidades humanas? Por otra parte, ¿se habla de todos los seres humanos o de unos pocos? Es lógico que un programa tecnocientífico así sea recibido con prevención, si no con desconfianza por parte de aquellos cuyo destino consiste en “ser mejorados”. Volveremos sobre este punto al final del artículo.

En general, la tecnociencia la hacen instituciones y empresas, no personas aisladas, ni siquiera grupos de investigaciones o instituciones exclusivamente científicas. Por ello hay que hablar de las agencias tecnocientíficas, sean gubernamentales, privadas o del tercer sector. De hecho, la estructura de un sistema nacional de I+D+i depende ante todo del conjunto de agencias que operan en él, en particular si se orientan a la economía de la innovación. En el caso de los EEUU, donde surgió la tecnociencia, Agencias como la *National Science Foundation* (NSF), el Centro Los Alamos (proyecto Manhattan), los *National Institutes of Health* (NIH), la NASA, el laboratorio de Brookhaven, etc., desempeñaron una función determinante en la emergencia, desarrollo y consolidación de la tecnociencia. Posteriormente surgieron agencias y empresas tecnocientíficas privadas, las cuales impulsaron actividades de I+D+i en el ámbito de las biotecnologías y las TIC (Appel, Microsoft, Netscape, Intel, Google, Celera Genomics,

Monsanto, etc.). Con el paso del tiempo, algunas de ellas se han convertido en empresas tecnocientíficas de gran tamaño e influencia. Otro tanto cabe decir en Europa en casos como el CERN o la *European Space Agency* (ESA), por lo que respecta a instituciones públicas, así como de Nokia, Ericsson y de otras muchas empresas tecnocientíficas del sector privado. Más del 70% de la inversión norteamericana en I+D+i proviene hoy en día de dichas empresas tecnocientíficas. Cuando se analizan las acciones que emprenden esas agencias tecnocientíficas y se comparan con los departamentos universitarios y centros de investigación tradicionales, se advierte un profundo cambio en los valores y objetivos que guían sus respectivas actividades. Baste mencionar un aspecto: si una empresa tecnocientífica cotiza en Bolsa, sus estrategias de investigación, presentación de resultados y explotación de patentes difieren por completo de las de la ciencia académica. Los científicos siempre han considerado al conocimiento como un bien en sí, que había que buscar por encima de todo. En cambio, para una empresa tecnocientífica el conocimiento es ante todo un medio para obtener otro tipo de bienes, los económicos, puesto que hay que rentabilizar las inversiones, explotar las patentes e incrementar la productividad y competitividad de dicha empresa. La propiedad del conocimiento que se genera en la actividad investigadora es privada (patentes, propiedad intelectual, licencias de uso), a diferencia del conocimiento en la ciencia moderna,

tradicionalmente público y publicado. Si la empresa o agencia tecnocientífica es militar, el conocimiento deviene un recurso estratégico más, o si se prefiere un arma potencial, cuya posesión se mantiene en secreto o, en su caso, se transfiere a los aliados con severas condiciones y restricciones de uso. Las empresas tecnocientíficas civiles o militares promueven la investigación científica y el desarrollo tecnológico, pero no como objetivos en sí mismos, sino como instrumentos útiles e indispensables para el logro de sus propios fines empresariales o militares. En términos de Weber, cabe afirmar que el conocimiento ha devenido un valor instrumental, que está subordinado a otros valores y objetivos. Por ello afirmamos que, desde una perspectiva axiológica, en la segunda mitad del siglo XX se ha producido una revolución tecnocientífica, muy distinta a las revoluciones científicas de las que habló Kuhn (Echeverría 2003).

Si ello es así, ya no cabe pensar que las comunidades científicas controlan la actividad tecnocientífica, porque muchas fases de la misma (selección de objetivos, obtención y rentabilización de recursos económicos, gestión de patentes, diseño de estrategias) no dependen de los investigadores, sino de otro tipo de departamentos de las agencias tecnocientíficas, en particular de los departamentos de gestión. En las sociedades del conocimiento los científicos e investigadores se convierten en trabajadores del conocimiento y sus actividades están subordinadas a las estrategias y

planificaciones establecidas por los expertos en la gestión del conocimiento. Como dijo Drucker (1994), el management deviene la componente principal de las empresas de conocimiento. Ello supone un cambio radical en el contexto de evaluación, y también en los de aplicación y educación. Los criterios de valoración a tener en cuenta ya no son únicamente epistémicos o metodológicos, sino también tecnológicos, económicos, empresariales, políticos, jurídicos y sociales. Los agentes evaluadores de los resultados dejan de ser los pares académicos y pasan a ser otro tipo de agentes, que aplican criterios de rentabilización de la inversión y los recursos, expectativas de beneficio o coherencia con las estrategias de las agencias tecnocientíficas. Como veremos al final, tal es el caso de las nanotecnologías en los EEUU (National Nanotechnology Initiative, 2000) y en la UE (Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías, 2004).

A partir de ello, los antiguos mecanismos de control de la actividad científica resultan insuficientes, aunque siguen existiendo. La distinción interior-exterior que utilizamos en el apartado anterior y que se refiere a las comunidades científicas deja de ser válida, porque la tecnociencia no es obra de dichas comunidades, sino de agencias más complejas, que conforman su propio núcleo duro (hard core), que es donde se toman las decisiones. Las agencias y empresas tecnocientíficas encuentran sin problemas

representantes de las comunidades científicas, algunos muy prestigiosos, que se integran en las nuevas agencias y empresas y trabajan mayormente para ellas, interiorizando sus objetivos e intereses. Dichas personas y grupos de investigación siguen siendo considerados como científicos, pero la mayor parte de sus actividades y preocupaciones ya no son científicas, sino tecnocientíficas: planificación, búsqueda de financiación, captación de recursos humanos, gestión del conocimiento, impactos, relaciones con los competidores, evaluación, comunicación a la sociedad, etc. La agencia tecnocientífica es plural e integra a diferentes tipos de agentes: científicos, tecnólogos, inversores, gestores, políticos, juristas, militares, comunicólogos, etc., siendo los científicos una componente más de dicha agencia. La pérdida de autonomía es clara y en algunos casos incluso la búsqueda de conocimiento queda subordinada de facto al imperativo de la innovación, al logro de patentes rentables o al seguimiento de las estrategias previamente marcadas por los consejos asesores o de administración. Todas estas características de la tecnociencia, que resultan más o menos acusadas según los casos, áreas y situaciones, traen consigo profundos cambios en los cuatro contextos de la actividad científica, y en particular en el contexto de evaluación, que es el que nos interesa en esta contribución.

LAS NANOTECNOLOGÍAS Y SU CONTROL

Las tecnociencias son muy diversas, unas están promovidas por entidades privadas, otras por instituciones públicas, y la mayoría por consorcios mixtos, con muy diferentes objetivos y regulaciones. Resulta prácticamente inviable que exista un único sistema de control válido para todas ellas. La tecnociencia militar, por ejemplo, posee un alto grado de autonomía y la mayor parte de sus resultados y procesos son confidenciales, si no secretos. Otro tanto ocurre en el caso de muchas empresas privadas, que suelen ocultar cuidadosamente las claves de sus avances e innovaciones para que no llegue a poseerlos el competidor. Por otra parte, hay países en los que existe una capacidad de control de las tecnociencias, otros no. Muchas empresas tecnocientíficas se han globalizado y pueden desubicar sin problemas determinadas actividades, llevándolas a lugares geográficos donde no existan controles, o sean ineficientes. Por último, hay líneas de investigación que suscitan reticencias sociales, otras no. En suma: los sistemas de control de la tecnociencia son de muy diverso tenor y sus contextos de evaluación resultan mucho más diversos y complejos que los de la ciencia.

En lo que sigue nos centraremos exclusivamente en una de las tecnociencias actuales, las nanociencias y nanotecnologías, a las que llamaremos *nanotecnociencias* (NTC), denominación que nos parece más exacta y

comprehensiva, aunque el vocablo resulte largo y no se use habitualmente. Dada la enorme capacidad de transformación de la materia viva e inerte que aportan las NTC, cabrá hablar de un control de la tecnociencia en la medida en que haya un sistema de control efectivo de las nanotecnociencias. Constataremos que lo hay, pero que resulta insuficiente para evaluar las múltiples dimensiones de la agenda NTC. Aunque el control de las tecnociencias plantea otros muchos problemas, este ejemplo puede servir como guía para abordar cuestiones similares en otros ámbitos del contexto de evaluación de la tecnociencia.

Dos observaciones previas sobre las NTC:

- Dijimos que las tecnociencias no sólo pretenden conocer mejor el mundo (observarlo, analizarlo, explicar y predecir fenómenos y sucesos...), como era el objetivo de la ciencia moderna. Además, tienden a transformarlo. Esto resulta particularmente claro en el caso de las nanotecnociencias, puesto que su objetivo básico consiste en modificar las estructuras atómicas y moleculares de las diversas modalidades de materia, viva o inerte, operando a escala nanométrica con ayuda de los importantes avances tecnológicos que ha habido en este campo, como el microscopio de efecto túnel o el microscopio de fuerzas atómicas. Se trata de investigar y

conocer los nanocosmos, pero con el objetivo claro de operar en ellos y transformarlos, generando nuevos materiales, nuevas estructuras atómicas y moleculares, nuevos chips, nuevas medicinas, etc. La capacidad de las NTC de generar innovaciones es muy alta, por ello han atraído a inversores y empresarios, los cuales han creado en los últimos años numerosas agencias y empresas NTC. Controlar las actividades de todas ellas no es cosa fácil.

- Diversos países han hecho públicos macroprogramas de investigación para promover las nanotecnociencias. Los más destacados son el programa norteamericano y el europeo, denominados respectivamente *Converging Technologies for Improving Human Performance* (CTIHP) y *Converging Technologies for the European Knowledge Society* (CTEKS)⁶⁹. Aunque con matices muy diferentes, ambos propugnan la convergencia entre cuatro grandes sistemas tecnológicos: las nanotecnologías, las biotecnologías, las tecnologías de la información y las ciencias cognitivas, por eso se habla de convergencia NBIC (nano-bio-info-cogno). Otros países (Japón, Canadá, Rusia, China, Australia, Brasil,

⁶⁹ Nos referiremos únicamente a los programas europeo y estadounidense, publicados en los libros A. Nordmann (coord.), 2004 y M. C. Roco and W. S. Bainbridge (eds.), 2001, respectivamente.

etc.) están desarrollando iniciativas similares. En conjunto, los programas CT definen una *main stream* en la investigación tecnocientífica actual. Por tanto, las NTC conforman un área muy importante de las actuales políticas científicas, tecnológicas y de innovación. Otro tanto cabe decir de la I+D+i militar. Los expertos militares norteamericanos presionaron en su momento para que la Cámara de Representantes y el Senado aprobaran en 2000 la *Nanotechnology National Initiative* (NNI). El programa NBIC de la NSF no es más que la concreción de la estrategia norteamericana en dicho ámbito. Algo similar ocurrió luego en la UE, que aprobó su documento sobre estrategia en el ámbito de las NTC y su informe sobre la convergencia tecnológica NBIC en el mismo año, 2004. En ambos casos, la investigación NTC queda enmarcada en *una política estratégica previa*, que ha sido consensuada con diversos agentes relevantes (*stakeholders*). Las acciones de política de I+D+i que han ido siendo hechas públicas en los últimos años se encuadran en un marco estratégico general, que fue valorado desde varias perspectivas antes de ser aprobado y oficializado. En el caso de la UE, se trata de la Agenda de Lisboa, que priorizó la sociedad europea del conocimiento y dentro de ella la estrategia para las nanotecnologías, en cuyo contexto surgen

los programas y convocatorias de los programas-marco.

Estamos ante una evaluación *ex ante*, pero que no es epistémica, sino política y económica, al menos en primera instancia. Los científicos son escuchados a la hora de definir las estrategias de acción en los sistemas de I+D+i, pero no son ellos quienes deciden. También se escucha a otros muchos agentes, en particular a los representantes de los *lobbies* militares y empresariales. Cuando se contraponen dos acciones alternativas de política científica y se opta por una de ellas (computación cuántica, por ejemplo), sin duda se ha considerado el posible avance en el conocimiento básico que dicha acción pueda generar, pero, además, también se han tenido en cuenta otros muchos criterios de evaluación, sean de índole tecnológica (desarrollos previsibles), económica (inversiones, retornos), empresarial (expectativas de innovación, captación de fondos), política (en el sentido de política científica), jurídica (legalidad de las acciones, propiedad de las patentes que se deriven) y, en algunos casos, de índole militar. El núcleo duro o “interior” de una agencia tecnocientífica está formado por estas seis (o siete) componentes, cada una de las cuales desempeña su papel a la hora de evaluar los programas y acciones propuestas. La investigación NTC es controlada parcialmente por todos y cada uno de estos agentes, cada cual en función de sus propios objetivos, estrategias y criterios de valoración. Ahora bien, como sus

respectivos sistemas de valores entran muchas veces en conflicto, los procesos de evaluación no ofrecen como resultado dictámenes tajantes como los del *peer system review* (se publica o no; hay que mejorarlo), sino pactos y compromisos que, normalmente, se centran en la distribución de los fondos que van a invertirse y en el porcentaje asignado a cada área o a cada acción de política científica. Precisamente por eso se habla de *gobernanza de la tecnociencia*, porque no hay un agente único que la controle, como antaño las comunidades científicas, sino una pluralidad de agentes que ejercen un control parcial e interactúan entre sí, no sin tensiones, hasta producir una resultante de inversión concreta tras esos procesos de negociación en los que *hacer lobby* es una práctica habitual, tan relevante o más que la práctica investigadora. Los “conseguidotes” de fondos (por ejemplo de los Programas Marcos Europeos) son tan importantes para una institución o empresa tecnocientífica como los propios investigadores. Se trabaja en equipo, como afirmó Vannevar Bush en su célebre *Science: the Endless Frontier* (1945), que puede ser considerado como el primer gran documento de política tecnocientífica de la historia.

Resulta así que los procesos de evaluación han cambiado considerablemente si comparamos la ciencia moderna con la tecnociencia contemporánea. No pretendemos analizar en

detalle esa transformación⁷⁰, nos limitamos a subrayar que la propia estructura del contexto de evaluación ha cambiado, porque en el caso de la tecnociencia las comunidades científicas e ingenieriles han dejado de ser los únicos agentes evaluadores relevantes, viéndose obligadas a hacer *lobby* y negociar sus objetivos e intereses con los demás agentes involucrados (*stakeholders*). Como los procesos de diseño y evaluación *ex ante* de los macroprogramas NTC son luego decisivos para el futuro de la investigación, puesto que los proyectos y contratos de investigación sólo surgen en el marco de dichos macroprogramas, resulta que a la terna I+D+i se le añade por delante una cuarta componente *P* (P+I+D+i), a la que podemos denominar *programación de la tecnociencia*. Para diseñar los macroprogramas de investigación, los cuales definen la *agenda tecnocientífica* dominante, se suele contar con científicos e ingenieros, pero también con otros muchos agentes que tienen su rol específico y considerable capacidad de presión. El objetivo epistémico de la búsqueda y publicación del conocimiento sigue existiendo, pero no es el único, ni a veces el más importante. Cuando la NSF y su grupo de expertos diseñaron el programa CTIHP tuvieron en cuenta otros muchos objetivos, factores y criterios de valoración, como puede comprobarse de inmediato con sólo ojear dicho informe, y en particular la lista de expertos que participaron, con mayoría de agencias y empresas relacionadas con la Defensa.

⁷⁰ En Echeverría 2003 pueden encontrarse desarrollos más amplios.

Concluiremos estas breves reflexiones sobre la componente *P* de un sistema *P+I+D+i* diciendo que la programación de la tecnociencia la lleva a cabo una agencia estructuralmente plural, en la que los científicos pueden tener mayor o menor peso relativo según las áreas y las circunstancias, pero no suelen ser determinantes en la mayoría de los procesos de tomas de decisiones. En el caso de las nanotecnociencias, las agencias que las promueven son muy diversas: unas son públicas, otras privadas; unas son militares, otras civiles; unas están promovidas por un gobierno democrático, otras por dictaduras; en algunos casos la religión tiene un peso importante, en otros no. En suma, aunque haya un sistema de valoración y control en cada caso y situación, no existe un único sistema para evaluar y programar el conjunto de las nanotecnociencias, y mucho menos para las tecnociencias en general.

RIESGOS Y CONTROLES EN LOS PROGRAMAS CONVERGING TECHNOLOGIES

En este apartado ejemplificaremos las propuestas anteriores en el caso de los dos programas CT mencionados, analizando su mayor o menor interés por investigar los posibles riesgos derivados de las nanotecnociencias. El programa CT norteamericano manifiesta su voluntad de transformación del mundo en su mismo título, *Converging Technologies for Improving Human*

Performance (CTIHP)⁷¹. El fin último del programa no es el avance del conocimiento, sino la mejora de las capacidades de acción humana: “converging technologies could achieve a tremendous improvement on human abilities, societal outcomes, the nation’s productivity, and the quality of life”⁷². Hablando en términos generales, los diseñadores del programa prestaron una gran atención a las oportunidades, beneficios y avances que la convergencia NBIC podría acarrear a diversos sectores, mostrando mucho menos interés por los riesgos, problemas e incertidumbres que dicha convergencia también trae consigo⁷³. El informe norteamericano tiene connotaciones fuertemente mesiánicas, algo frecuente en las fases de lanzamiento de los grandes programas tecnocientíficos, como Sanmartín subrayó hace años (Sanmartín 1987). Por otra parte, el informe CTIHP insiste en que la convergencia nano-bio-info-cogno tiene un gran potencial innovador, como los editores del mismo, Rocco y Bainbridge, señalaron desde el principio:

“improving work efficiency and learning, enhancing

⁷¹ M. C. Roco and W. S. Bainbridge (eds.), 2001.

⁷² Roco & Bainbridge, *o.c.*, p. IX.

⁷³ Es cierto que la NSF publicó también un informe sobre el impacto social de un programa así (Rocco & Bainbridge 2001), pero dicho documento no analiza propiamente los riesgos potenciales de las NTC, sino la percepción social de las mismas y las cuestiones morales y jurídicas que pudieran derivarse de la convergencia nano-bio-info-cogno.

individual sensory and cognitive capabilities, revolutionary changes in healthcare, improving both individual and group creativity, highly effective communication techniques including brain-to-brain interaction, perfecting human-machine interfaces including neuromorphic engineering, sustainable and “intelligent” environments including neuro-ergonomics, enhancing human capabilities for defence purposes, reaching sustainable development using NBIC tools, and ameliorating the physical and cognitive decline that is common to the aging mind”⁷⁴.

Podríamos decir que el documento de la NSF no pretende generar nuevas teorías científicas, sino transformar el mundo, o buena parte de él. Abundan las expresiones en tal sentido, por ejemplo cuando se habla de una “nueva revolución industrial” o de un “nuevo Renacimiento”⁷⁵. Cabe afirmar que en un programa así *la búsqueda de conocimiento científico deja de ser un fin y se convierte en un medio*. A lo largo de las numerosas páginas del informe se presenta una y otra vez el argumento de que la convergencia tecnológica ofrece muchísimas oportunidades, en los más diversos ámbitos del conocimiento y a diversos agentes. Por todo ello, no parece haber duda racional posible sobre la conveniencia de

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ “Convergence of the sciences can initiate a new renaissance” (Rocco & Bainbridge, *o.c.*, p. X).

impulsarla y promoverla prioritariamente. Si se hubieran analizado los posibles riesgos, el sesgo salvífico y mesiánico (“otra nueva frontera”) no hubiera sido tan acusado.

El macroprograma europeo también tiende a una profunda transformación social, pero de distinto tipo. Su principal objetivo consiste en contribuir a la creación de la sociedad europea del conocimiento, conforme a las prioridades estratégicas definidas por la UE en la Cumbre de Lisboa 2000. En el documento que explicita la estrategia europea, titulado “Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías”⁷⁶, se afirma claramente que “la excelencia europea en el ámbito de las nanociencias debe, finalmente, traducirse en productos y procesos comercialmente viables”⁷⁷. Los objetivos económicos y empresariales están presentes desde el principio, no en vano la UE intenta competir con EEUU y Japón tanto en el ámbito de las nanotecnologías como en el desarrollo de las sociedades del conocimiento. La innovación también es la prioridad en los documentos europeos (§3, p. 10), pero con un matiz importante: también se acepta la necesidad de investigar los riesgos que puedan derivarse de las nanotecnologías o de la convergencia NBIC, con lo que se introduce un primer principio de control de las NTC. El documento estratégico de la UE dice así:

⁷⁶ Bruselas, 12.5.2004, COM(2004) 338 final.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 3.

“Es fundamental hacer frente por adelantado y de forma abierta a los aspectos de riesgo como parte integral del desarrollo de estas tecnologías desde la concepción y la I+D hasta la explotación comercial, con el fin de garantizar un desarrollo, producción, utilización y eliminación seguros de los productos derivados de las nanotecnologías. Las nanotecnologías también presentan nuevos desafíos desde el punto de vista de la evaluación y gestión de los riesgos”⁷⁸.

Ratificando estas ideas, que definen parte de la estrategia europea y la diferencian de la de los EEUU, el informe europeo CTEKS afirmó que:

“La nanotecnología se ha de desarrollar de forma segura y responsable. Su avance deberá respetar principios éticos y será preciso estudiar científicamente sus riesgos potenciales para la salud, la seguridad y el medio ambiente con el fin de prever la normativa necesaria. Habrá que evaluar y tener en cuenta el impacto a nivel social”⁷⁹.

Por tanto, la UE instituyó desde el principio un sistema de control de las actividades NTC. Ahora bien, dicho sistema poco tiene que ver con las formas de control epistémicos de las que hablamos en el primer apartado, que eran internas a las comunidades científicas. Los controles en los que

⁷⁸ *Ibid.*, p. 7.

⁷⁹ *Ibid.*

se piensa han de ser éticos, sanitarios, medioambientales y sociales, surgiendo el valor *seguridad* como un criterio de valoración de las diversas fases de la actividad NTC. Estas, en efecto, no se limitan a la investigación. La distribución y utilización ulterior de los nanoproductos también ha de ser segura. Y lo que es más importante: hay que estar seguros de que, así como han sido producidos, van a poder ser eliminados. Se enuncia así una forma de control que, de ejercerse de manera efectiva, sería muy eficaz y generaría mucho conocimiento: además de aprender a generar un nuevo nanomaterial, por poner un ejemplo, habría que investigar también los posibles modos de eliminarlo o destruirlo. El conocimiento que se obtendría sobre sus propiedades sería mucho más amplio y extenso que si sólo pensamos en producirlo en los laboratorios y, a partir de eso, nos desentendemos de lo que puede suceder cuando sea distribuido entre la población y utilizado por usuarios no expertos. Aunque en la práctica real los investigadores europeos también se han centrado mucho más en las oportunidades que en los riesgos, al menos han dispuesto de ciertas partidas para investigar las posibles consecuencias negativas de la introducción de las NTC. Ello implica importantes diferencias en el diseño de las respectivas estrategias y programas por parte de los EEUU y la UE.

Otra diferencia relevante consiste en que el programa europeo no prioriza las aplicaciones

militares, a diferencia del norteamericano. La recomendación undécima que realizó el grupo de 25 expertos que preparó el informe europeo CTEKS afirmó explícitamente “that a strict line be maintained between military ambitions for CTs and their development in Europe”⁸⁰. Así pues, la estrategia europea se orienta a la sociedad civil, sin apenas tener los desarrollos militares NTC ni propugnar ideas visionarias sobre la transformación de la especie humana y la eventual emergencia de una nueva especie, ideal transhumanista que subyace en muchos pasajes del documento de la NSF norteamericana. De nuevo constatamos criterios de valoración muy diferentes, y ello en la fase de planificación estratégica de las políticas científicas que han de impulsar las NTC.

¿Cómo se concretó luego este interés programático por la investigación de los riesgos, y no sólo de las oportunidades? En primer lugar, elaborando informes y estudios sobre los eventuales riesgos asociados a las nanotecnociencias. Tal fue el sentido del informe que la UE encargó con prontitud (*A Preliminary Analysis of Risks*, 2004). En él, numerosos expertos analizaban diversos factores de riesgo en las actividades NTC y formulaban recomendaciones para controlar dichas incertidumbres, tanto a la hora de investigar como de producir y difundir los nanomateriales. Los mayores riesgos procedían de

⁸⁰ CTEKS 2004, p. 9.

las aplicaciones militares de las nanotecnologías, pero también de las partículas libres, en la medida en que escapan al control de los investigadores.

Aparte de las iniciativas de la Comisión Europea, hay que tener en cuenta las de algunos países europeos, por ejemplo las del Reino Unido, porque ilustran bien las dificultades inherentes al control de las tecnociencias. En efecto, el Gobierno Británico encargó varios informes sobre nanotecnologías para orientar sus políticas, uno de los cuales se refería a los riesgos derivados de las NTC (*Royal Society & Academy of Engineering*, 2004). Dicho estudio fue encomendado a la Royal Society y a la Royal Academy of Engineering, es decir, a las dos instituciones más representativas de las comunidades científicas e ingenieriles en Gran Bretaña. El informe conjunto que elaboraron resulta muy preciso y sistemático. Además, hace una serie de recomendaciones explícitas para el control de las actividades NTC, pronunciándose sobre los temas más conflictivos. Por estas razones lo tomaremos como documento de referencia a la hora de analizar qué mecanismos de control de los riesgos tienen en cuenta los propios científicos e ingenieros en relación con las NTC⁸¹.

Es importante señalar que el Gobierno británico, al solicitar el informe, había pedido explícitamente que, entre otras cuestiones, se abordaran las dos

⁸¹ Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, London, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, July 2004.

siguientes:

“- identify what health and safety, environmental, ethical and societal implications or uncertainties may arise from the use of the technologies, both current and future, and

- identify areas where additional regulation needs to be considered”⁸².

Por tanto, la entidad encargada de definir la estrategia y los programas NTC en el Reino Unido tuvo muy presente que la investigación de los riesgos forma parte de una política seria de I+D+i, algo que otros países no parecen haber interiorizado. El encargo alude incluso a la posibilidad de establecer regulaciones adicionales en algunos ámbitos concretos de las NTC, si el grupo de expertos las considerara necesarias.

Estos respondieron minuciosa y sensatamente, analizando el estado actual de la cuestión en cinco grandes ámbitos de las NTC (nanomateriales, metrología, electrónica y TIC, bio-nanotecnologías y medicina y, por último, aplicaciones industriales de todas ellas). Los beneficios esperados en todos esos campos eran indudables, pero el comité de expertos subrayó acertadamente que: “it is important that claims of likely environmental benefits are assessed for the entire lifecycle of a material or product, from its manufacture through its use to its eventual disposal; we recommend

⁸² *Ibid.*, p. 2.

that lifecycle assessments be undertaken for applications of nanotechnologies”⁸³.

Se formulaba así un principio importante: el control, de existir, ha de aplicarse a todo el ciclo de vida de un determinado producto, empezando por su fabricación, siguiendo por su distribución y utilización y, esto es lo notable, incluyendo su eventual eliminación o deterioro. Como puede verse, la recomendación de los expertos británicos es conforme a lo enunciado por la Comisión Europea y aprobado por la UE en su documento de estrategia en relación con las nanotecnologías. Parece claro que el problema de los residuos nucleares subyace a este tipo de preocupaciones.

A continuación, el Comité de experto descartaba algunos riesgos ficticios, como el de las nanomáquinas autorreplicantes (Drexler) y rechazaba la posibilidad de declarar una moratoria, parando la investigación en el sector NTC. Sin embargo, también reconocía sin ambages que había posibles factores de riesgo, e incluso daba una razón relevante al respecto:

“The evidence suggest that at least some manufactured nanoparticles will be more toxic per unit of mass than large particles of the same Chemicals; this toxicity is related to the surface area of nanoparticles (which is greater for a given mass than that of larger particles) and the

⁸³ *Ibid.*, p. 4.

Chemicals reactivity of the surface (which could be increased or decreased by the use of surface coatings); it also seems likely that nanoparticles will penetrate cells more readily than larger particles”⁸⁴,

De lo cual infería la conveniencia de introducir restricciones y controles a la investigación en algunos casos: “until further toxicological studies have been undertaken, human exposure to airborne nanotubes in laboratories and workplaces should be restricted”⁸⁵.

En suma, el Comité de Expertos aplicaba en algunos casos concretos el principio de precaución en sentido fuerte, exigiendo que se probara previamente la no existencia de riesgos. También consideraba razonable esperar que determinadas sustancias fuesen más peligrosas a escala nanométrica que a nivel meso- o macro-, dada la mayor proporción de superficie de los nanomateriales y, por ende, su posible mayor actividad y reactividad. Para desarrollar determinadas líneas de investigación se requería cautela y control, así como estudios previos sobre los posibles riesgos, y sus grados. El Comité británico dejó claro que la investigación de los riesgos también puede generar conocimiento relevante, no sólo la de las oportunidades y eventuales beneficios de las NTC. De hecho,

⁸⁴ Ibid.

⁸⁵ Ibid.

recomendaban la creación de un Centro interdisciplinario de investigación sobre la toxicidad y bioacumulación de las nanopartículas y nanotubos artificialmente elaborados⁸⁶. Asimismo el Comité hacía algunas recomendaciones específicas de precaución, diciendo por ejemplo que las factorías y laboratorios que operaran con nanopartículas y nanotubos deberían tratarlas como materiales peligrosos (*hazardous*), tomando previamente las correspondientes medidas de seguridad⁸⁷. Por supuesto, también decían que habría que investigar los impactos éticos y sociales de algunas NTC⁸⁸, por ejemplo las militares o las que pretenden construir un hombre nuevo, pero lo más notable del informe consistió en afirmar que las propias agencias y empresas tecnocientíficas debían establecer sus propias medidas de control e investigar sobre los riesgos tanto como sobre las oportunidades suscitadas por las NTC. La aplicación de un principio así, de simetría entre oportunidades y riesgos, como podría denominarse, generaría procedimientos de control muy efectivos, caso de aplicarse.

Sin embargo, las 21 recomendaciones hechas por la *Royal Society* y la *Academy of Engineering* fueron eso, recomendaciones, que podían ser seguidas o no por las autoridades que habían encargado en

⁸⁶ Ibid., recomendación R3, p. 8.

⁸⁷ Ibid., recomendación R5, p. 10.

⁸⁸ Ibid., recomendaciones R16 y R17, p. 10.

informe y que ulteriormente tomarían decisiones. Ya no estamos en la situación del *peer system review*, donde el dictamen coincidente de dos árbitros tiene fuerza ejecutiva para el editor de una revista o para la autoridad política que ha de conceder proyectos y ayudas a la investigación. Las políticas de la tecnociencia han establecido instancias de decisión ulteriores a las consideraciones y recomendaciones que puedan hacer los representantes de las comunidades científicas e ingenieriles, y por encima de ellas. Por tanto, ambas comunidades han perdido buena parte de su capacidad de decisión, al menos en relación a las políticas estratégicas. Como vimos anteriormente, esto se explica bien por el cambio en la estructura del contexto de evaluación de la tecnociencia, que está conformado por un sistema multiagente, en donde los científicos y los ingenieros son un nodo entre otros, y no siempre el nodo determinante.

El informe británico sobre los riesgos asociados a las nanotecnologías aportó otro argumento más, que consideramos fundamental, aunque aquí nos limitaremos a mencionarlo: “much of the information relating to the safety of these ingredients has been carried out by industry and is not published in the open scientific literature”⁸⁹. Muchas empresas y agencias tecnocientíficas, en particular las militares, no sólo no se sienten obligadas a hacer públicos los avances en el

⁸⁹ *Ibid.*, p. 5.

conocimiento que hayan podido generar con sus investigaciones, sino que, dada su pugna con eventuales enemigos o competidores, consideran obligado mantener la confidencialidad de los resultados obtenidos, si no un estricto secreto. Se trata de un imperativo típico de las economías de la innovación, en las que innovar es un medio para incrementar la productividad y la competitividad de una empresa, y por ello las ideas que conducen a la innovación no deben ser hechas públicas, porque serían conocidas y utilizadas por la competencia. Aplicada esta regla a la economía del conocimiento, se pone en cuestión uno de los principales valores de la ciencia moderna: la condición pública del conocimiento científico, y por ende la obligación de publicar los resultados y los métodos si se quiere hacer ciencia. Este *ethos* de la ciencia (Merton) es el que se viene abajo con la emergencia de la tecnociencia, por mucho que los científicos hayan desarrollado un sofisticado sistema de medición de los impactos de sus publicaciones en el siglo XX. Buena parte del conocimiento científico más relevante no se hace público, o sólo se da ese paso bastante tiempo después, cuando las innovaciones que se derivan de dichos avances en el conocimiento ya han sido desarrolladas y rentabilizadas.

Los autores del informe británico mantenían los valores clásicos de la ciencia: “we therefore recommend that the terms of reference of safety advisory comités that consider information on the toxicology of the ingredients such as nanoparticles

include a requirement for relevant data, and the methodologies used to obtain them, to be placed in the public domain”⁹⁰. Sin embargo, resulta significativo que esta exigencia de hacer públicos los datos relevantes y los métodos utilizados para obtenerlos sólo se refiriese al ámbito de la toxicología, no a la investigación NTC en general. Ello muestra de nuevo que el contexto de evaluación del conocimiento tecnocientífico no es el mismo que el del conocimiento científico, ni mucho menos.

Podríamos continuar comentando el informe británico, así como otros ulteriores de los diversos Comités de Ética y Nanotecnología que han surgido en la Unión Europea y en diversos países. Buena parte de dichos documentos son muy meritorios, pero todos ellos adolecen de la insuficiencia que acabamos de comentar, si se comparan con los protocolos de evaluación de la ciencia moderna: no tienen poder ejecutivo, sólo son recomendaciones. En el fondo, al valorar *ex ante* las políticas estratégicas relativas a las tecnociencias, y en concreto a las NTC, este tipo de informes suelen tener una función moral y orientativa. Las auténticas evaluaciones y la toma de decisiones finales la hacen otras instancias, tanto en las agencias públicas como en las empresas privadas. Las evaluaciones científicas eran determinantes en el caso de la ciencia. En el de la tecnociencia, sólo son indicativas.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 5.

CONSIDERACIONES FINALES.

Habría que analizar otras modalidades de tecnociencia antes de sacar conclusiones generales, pero lo dicho hasta ahora en relación a las nanotecnociencias nos permite al menos enunciar una serie de consideraciones finales, que pueden valer como hipótesis de partida para ulteriores estudios sobre el control de las actividades tecnocientíficas:

- Hay ámbitos de la actividad tecnocientífica que quedan fuera de cualquier forma de control por parte de las comunidades científicas e ingenieriles, salvo en algunas fases de dichas actividades, que no son las más relevantes ni las que tienen valor estratégico. Un ejemplo obvio son las actividades tecnocientíficas militares, cuyos resultados y avances no pasan al dominio público hasta bastantes años después, si es que lo hacen. Sin embargo, también hay otros ámbitos de la tecnociencia en los que el carácter confidencial y reservado de los conocimientos más relevantes (por ejemplo los códigos fuente) es la regla, y no la excepción. En resumen: el paso de la ciencia a la tecnociencia ha puesto en cuestión el carácter público del conocimiento.
- Tanto las tecnociencias como las nanotecnociencias son muy diversas y

complejas, desarrollándose además en países y sistemas de I+D+i muy diferentes. No existe una autoridad única con capacidad reguladora general sobre todas esas actividades, sino múltiples instancias de regulación y evaluación, que a veces se coordinan entre sí, otras veces no. Por tanto, el control de las actividades tecnocientíficas siempre es parcial y limitado. Por ello se habla de gobernanza de los sistemas de I+D+i, en los que con frecuencia intervienen agentes transnacionales. Controlar a las empresas tecnocientíficas transnacionales resulta extremadamente difícil, precisamente porque el ámbito de sus actividades es más amplio que el de la jurisdicción de las autoridades que pudieran intentar controlarlas.

- Por lo general, el control de la tecnociencia no corre a cargo de los científicos e ingenieros, salvo en ámbitos muy restringidos de las actividades NTC, y casi nunca en la programación de las políticas y las estrategias. Estos suelen ser oídos y consultados, pero a la hora de tomar las decisiones estratégicas intervienen otros muchos agentes, que suelen organizarse en forma de *lobbies*. Las evaluaciones de los científicos son orientativas, no decisorias. Además, por encima de esas instancias de evaluación suele haber otras, más

determinantes, sobre todo cuando hay que tomar decisiones estratégicas. Este cambio en la estructura del contexto de evaluación ha sido muy profundo a finales del siglo XX, razón por la que cabe hablar de la pluralidad estructural de las agencias y agendas tecnocientíficas. Estas últimas, en efecto, suelen ser el resultado de transacciones entre los múltiples intereses y agendas en juego, y a veces en conflicto. Los científicos y los ingenieros han perdido la autonomía en la toma de buena parte de las decisiones.

- Las empresas y agencias tecnocientíficas compiten entre sí, utilizando para ello procedimientos sofisticados de gestión del conocimiento, incluyendo técnicas de *marketing*. Aunque no hemos insistido en este punto a lo largo del artículo, el imperativo de *no hacer publicidad negativa de la empresa o agencia tecnocientífica propia* resulta decisivo a la hora de explicar por qué se destacan tanto las oportunidades y se silencian tanto los riesgos eventualmente asociados a las actividades tecnocientíficas. Incluso las recomendaciones de investigar los riesgos, por bien intencionadas que sean, suelen caer en saco roto. Abundan los ejemplos de expertos en nanotecnologías que han tenido problemas de conciencia a la hora de hacer públicos los riesgos comprobados en

relación a sus investigaciones. Todo ello limita mucho las posibilidades de control de la tecnociencia, porque incluso los propios investigadores tienden a silenciar los posibles aspectos negativos de sus actividades.

Habría otros argumentos a considerar, pero los cuatro mencionados bastan para mostrar que los sistemas y procedimientos de control de la ciencia, aunque siguen existiendo y operando, resultan claramente insuficientes para controlar las tecnociencias contemporáneas. Tal es la principal consideración final que ofrece este artículo, A partir de ello, se abre un debate sobre la conveniencia o no de establecer mecanismos de control, aunque sean limitados en su ámbito de aplicación y en su eficacia. Como este artículo desarrolla y precisa las propuestas que su autor hizo en una mesa redonda, su contenido debe ser considerado como una aportación a la reflexión y al debate. Los temas abordados son lo suficientemente complejos como para que tengan que seguir siendo investigados desde una perspectiva interdisciplinar.

BIBLIOGRAFÍA

- Agazzi, E., 1996, *El bien, el mal y la ciencia*, Madrid, Tecnos.
- Bush, V., 1945, *Science: the Endless Frontier*, Washington, United States Government Printing.
- Dickson, D. (1988), *The New Politics of Science*,

- Chicago, Univ. of Chicago Press.
- Dilworth, C. (ed.), (2004); *Evandro Agazzi. Right, Wrong and Science*, Amsterdam, Rodopi.
- Drexler, K. (1986), *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*, New York, Anchor.
- Drucker, P., 1998, *The Discipline of Innovation*, Claremont, Drucker Foundation News.
- Echeverría, J., 1992
- Echeverría, J., 2002, *Ciencia y Valores*, Barcelona, Destino.
- Echeverría, J., 2003, *La revolución tecnocientífica*, Madrid, FCE.
- Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías*, 2004, CE, COM 338 final.
- Kuhn, T. S., 1978, *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, Madrid, Tecnos.
- Kuhn, T. S., 1982, "Objetividad, juicios de valor y elección de teoría", en *La tensión esencial*, México, FCE, pp. 344-364.
- Longino, H., 1990, *Science as Social Knowledge. Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton Univ. Press.
- Luján, J. L. y López Cerezo, J. A., (2000), *Ciencia y política del riesgo*, Madrid, Alianza.
- Merton, R. K., 1977, *La Sociología de la Ciencia*, Madrid, Alianza, 2 vols.
- Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis*, 2004, Bruselas, UE, Report.
- Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, 2004, London, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering.
- Noble, D.F., 1999, *La religión de la tecnociencia*, Barcelona, Paidós.

- Nordmann, A. (coord.) 2004, *Converging Technologies: Shaping the Future of the European Societies*, Bruselas, UE.
- Olivé, L., 2000, *El bien, el mal y la razón*, México, Paidós.
- Popper, K. R., 1974, *Conocimiento objetivo*, Madrid, Tecnos.
- Proctor, R. N., 1991, *Value-free Science?*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Reichenbach, H., 1934, *Experience and prediction*,
- Rocco, M. C. and W. S. Bainbridge (eds.) 2001, *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Virginia, NSF.
- Rocco, M. S. and Bainbridge, W.S. (eds.) (2001), *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, Arlington, Virginia, NSF.
- Sanmartín, J., 1987, *Los nuevos redentores*, Barcelona, Anthropos.

UIMP Universidad Internacional
Menéndez Pelayo

Alexander von Humboldt
Stiftung / Foundation 

AIE
Asociación
ALEXANDER VON HUMBOLDT
DE ESPAÑA

ioe Instituto de dirección
y organización de empresa
UNIVERSIDAD DE ALCALA