



## **REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES**

### **SECCIÓN DE CIENCIAS NATURALES**

La Sección de Naturales de la Real Academia de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales en su reunión del 18 de mayo de 2005 a la que asistieron la Excm. Sra. D<sup>a</sup> Margarita Salas Falgueras y los Excmos. Sres. D. Emiliano Aguirre Enríquez, D. Manuel Alía Medina, D. Jesús Avila del Grado, D. Santiago Castroviejo Bolívar, D. Antonio Cendrero Uceda, D. Pedro García Barreno, D. Adriano García-Loygorri y Ruiz, D. Manuel Ramón Llamas Madurga, D. Enrique Sánchez-Monge Parellada y D. Juan Antonio Vera Torres, aprobó por unanimidad el documento adjunto elaborado por D. Juan Antonio Vera Torres (Académico Numerario). Igualmente acordó enviarlo al Excmo. Sr. Presidente de la Real Academia de Ciencias para su posible distribución entre los Académicos de otras Secciones, al Excmo. Sr. Secretario de Estado de Universidades (a petición del mismo expresada al Presidente de la Sección) y difundirlo entre la comunidad científica española. A esta aprobación se adhiere el Académico Numerario de esta Sección, el Excmo. Sr. D. Luis Franco Vera, que no pudo asistir a la reunión.

## Valoración internacional de la ciencia en España

En este documento se pretende mostrar de una manera simple y fácil manejar la valoración internacional del conjunto de las ciencias en España y de cada una de las diferentes ramas de la ciencia, con respeto a otros países, basándose en los datos que usualmente se consideran, en la actualidad, como los más significativos para hacer valoraciones objetivas de la calidad de la investigación científica.

### Fuentes de información

En el apartado de **Datos** de este documento se incluyen los datos objetivos de la valoración internacional de las ciencias en España. Se ha elaborado a partir de los datos contenidos de la base de datos del *ISI Essential Science indicators* obtenida en marzo de 2005 de su página Web (<http://www.isinet.com>). En dicha base de datos se delimitan 22 ramas de la ciencia, que se relacionan a continuación ordenadas alfabéticamente en inglés, y añadiendo, en cada caso, entre paréntesis, su traducción al castellano, pero concretamente la traducción que aparece en las páginas en español de la citada página web.

- 1.- *Agricultural Sciences* (Ciencias agrícolas)
- 2.- *Biology & Biochemistry* (Biología y bioquímica)
- 3.- *Chemistry* (Química)
- 4.- *Clinical Medicine* (Medicina clínica)
- 5.- *Computer Science* (Ciencias de la computación)
- 6.- *Economics & Business* (Economía y comercio)
- 7.- *Engineering* (Ingeniería)
- 8.- *Environment/Ecology* (Medio ambiente y ecología)
- 9.- *Geosciences* (Ciencias geológicas)
- 10.- *Immunology* (Inmunología)
- 11.- *Materials Science* (Ciencias de los materiales)
- 12.- *Mathematics* (Matemáticas)
- 13.- *Microbiology* (Microbiología)
- 14.- *Molecular Biology & Genetics* (Biología molecular y genética)
- 15.- *Multidisciplinary* (Multidisciplinaria)
- 16.- *Neuroscience & Behavior* (Ciencias neurológicas y comportamiento)
- 17.- *Pharmacology & Toxicology* (Farmacia y toxicología)
- 18.- *Physics* (Física)
- 19.- *Plant & Animal Science* (Ciencias de las plantas y los animales)
- 20.- *Psychiatry/Psychology* (Psiquiatría y psicología)
- 21.- *Social Sciences, General* (Ciencias Sociales-generales)
- 22.- *Space Science* (Ciencias del espacio)

Esta diferenciación en ramas de las ciencias podría discutirse, ya que los límites entre algunas ramas quedan difusos y que el criterio de separación se podría considerar que no es homogéneo. Sin embargo, dado que es la utilizada en la base de datos del ISI, será la que se use, también, en este documento.

En el apartado siguiente, de **Análisis de los resultados**, se incluye una valoración de los datos anteriores que evidentemente puede tener una carga subjetiva. Se ha procurado que dicha valoración se haga a partir de datos numéricos socio-económicos y

relativos a la investigación y desarrollo (I+D) cuya procedencia se indica, en cada caso, en notas de pie de página. En parte se basa, también, en documentos previos de libre acceso a través de la red. En definitiva se ha procurado (o al menos intentado) que la carga subjetiva sea mínima.

## Datos

En la página web del ISI figuran una serie de clasificaciones (“rankings”) por ramas de la ciencia, por países, por investigadores, por centros de trabajo, etc. basados esencialmente en dos criterios objetivos: número de trabajos publicados en revistas de los listados del *Science Citation Index* (ISI) y número de referencias bibliográficas o citaciones de los trabajos publicados previamente en trabajos posteriores del mismo listado de revistas.

En la clasificación por países (*country ranking*) se usan tres criterios: 1) número de trabajos publicados en revistas de los listados del *Science Citation Index* (ISI) por autores de cada país; 2) número total de citaciones de trabajos de autores de un mismo país en trabajos publicados posteriormente en revistas del citado listado; 3) número medio de citaciones de cada trabajo de los publicados por autores de cada país. De entre los tres factores anteriores el ISI opta por establecer la ordenación de calidad de las ciencias en diferentes países por el número total de citaciones. Se trata de una ordenación por número total de citaciones de trabajos de cada rama de las ciencias por lo que los valores absolutos de número de citaciones de cada rama no tienen valor de ordenación en comparación con otras ramas, sino exclusivamente en relación con el número de citaciones de la misma rama de la ciencia en otros países.

En un listado general que incluye 146 países, referido a todas las ciencias en su conjunto (*Country Rankings in all fields*), España figura en el puesto **12** de un total de 146 países incluidos. Los once anteriores, por orden, de mayor a menor, son: Estados Unidos, Inglaterra (no Reino Unido), Alemania, Japón, Francia, Canadá, Italia, Holanda, Australia, Suiza y Suecia. Los Estados Unidos (USA) son el primer país en los 22 listados correspondientes a cada una de las 22 ramas de la ciencia diferenciadas y concretamente, en este apartado relativo al conjunto de las ciencias, el número de citaciones (34.271.628) y el de trabajos publicados (2.742.606) es en ambos casos cinco veces mayor que el segundo y el tercero (Inglaterra y Alemania, respectivamente). El número de citaciones de trabajos que para el caso de España es de **1.584.783** citaciones en los últimos 20 años, el número de trabajos publicados 224.003 para el mismo intervalo de tiempo y las citaciones por trabajo son de 7,07.

A continuación se detallan los resultados de cada una de las ramas de la ciencia que se cultivan en nuestra Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Se han seleccionado catorce de las veintidós ramas de la ciencia, anteriores. El criterio de selección puede considerarse subjetivo, ya que hay ramas ciencias que no se incluyen en la siguiente relación y que podrían incluir, a juicio de otros, mientras que algunas de las incluidas podrían considerarse que no deberían figurar en la selección. En cualquier caso como los datos completos están a libre disposición en la página Web del *ISI ESSENCIAL SCIENCE Indicators* (<http://www.isinet.com>) se remite, a los lectores interesados, a dicha fuente de información.

En el listado de Ciencias Agrícolas (*Country Rankings in Agricultural Sciences*) la posición de España en el contexto internacional es la mejor de todas ya que ocupa el puesto **6**, de un total de 91 países, precedida exclusivamente por Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Canadá y Alemania. Estos cinco países están por delante de España en todas las ramas de las ciencias. El número de trabajos publicados es de 7.478 en los últimos 20 años y las citaciones son **36.536**.

En el listado de Biología y Bioquímica (*Country Rankings in Biology and Biochemistry*) la posición de España en la número **12** de un total de 96 países, precedida por Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Alemania, Francia, Canadá, Italia, Suiza, Suecia, Holanda y Australia. Se llama la atención sobre el puesto 13 que ocupa Escocia, por lo que los valores del Reino Unido en su conjunto serían mucho más importantes que los de los países que lo integran. La posición es coincidente con la del conjunto de las ciencias y los 11 países que le preceden son los mismos que en el conjunto de las ciencias, aunque por diferente orden. El número de trabajos publicados es de 13.938 en los últimos 20 años y el número de las citaciones es **134.601**.

En el listado de Química (*Country Rankings in Chemistry*) la posición de España es la número **8** de un total de 86 países, precedida exclusivamente por Estados Unidos, Japón, Alemania, Inglaterra, Francia, Italia y Canadá. El primero de los países (Estados Unidos) triplica en sus valores, de publicaciones y citaciones, a los dos siguientes. El número de trabajos publicados por autores españoles en revistas de *Science Citation Index* es de 36.212 en los últimos 20 años y el número de citaciones es **277.407**.

En el listado de Ciencias de la Computación (*Country Rankings in Computer Science*) la posición de España es la número **12** de un total de 75 países, precedida por Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Francia, Canadá Japón, Italia, Israel, Holanda, Australia y Tawain. El primero de los países (Estados Unidos) quintuplica en sus valores, de publicaciones y citaciones, a los dos siguientes. El número de trabajos publicados por autores españoles en revistas de *Science Citation Index* es de 4.726 en los últimos 20 años y el número de citaciones es **7.461**.

En el listado de Ingeniería (*Country Rankings in Engineering*) la posición de España es la número **10** de un total de 92 países, precedida por Estados Unidos, Japón, Alemania, Inglaterra, Francia, Canadá, Italia, República Popular China y Australia. El primero de los países (Estados Unidos) triplica en sus valores, de publicaciones y citaciones, a los dos siguientes. El número de trabajos publicados por autores españoles en revistas de *Science Citation Index* es de 13.628 en los últimos 20 años y el número de citaciones es **48.604**.

En el listado de Ecología y Ciencias Ambientales (*Country Rankings in Environment & Ecology*) la posición de España en la número **9** de un total de 86 países, precedida exclusivamente por Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Alemania, Australia, Francia, Holanda y Suecia. El número de trabajos publicados es de 6.287 en los últimos 20 años y el número de citaciones es **38.913**.

En el listado de Ciencias Geológicas (*Country Rankings in Geosciences*) la posición de España en la número **15** de un total de 94 países, precedida por Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Francia, Canadá, Australia, Japón, Italia, Rusia, Holanda, Suiza, República Popular China, Suecia y Noruega. Entre los países que anteceden a

España, además de los doce que le anteceden en el conjunto de las ciencias, se encuentran Noruega y Rusia, grandes productores de petróleo y la República Popular China con importantes yacimientos de carbón, petróleo y minerales metálicos. El número de trabajos publicados es de 4.723 y el número total de citas es **27.013**.

En el listado de Ciencias de los materiales (*Country Rankings in Materials Science*) la posición de España en la número **11** de un total de 73 países, precedida por Estados Unidos, Japón, Alemania, Inglaterra, Francia, República Popular China, Canadá, Corea del sur, Italia e India. El número de trabajos publicados por autores españoles de 7.965 y el número de citas es **31.512**.

En el listado de Matemáticas (*Country Rankings in Mathematics*) la posición de España en la número **9** de un total de 78 países, precedida exclusivamente por Estados Unidos, Francia, Alemania, Inglaterra, Canadá, Italia, Japón y República Popular China. El número de trabajos publicados es de 7.933 y el número de citas es **18.099**.

En el listado de Biología Molecular y Genética (*Country Rankings in Molecular Biology & Genetics*) la posición de España en la número **13** de un total de 83 países, precedida por Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Japón, Francia, Canadá, Suiza, Italia, Holanda, Australia, Escocia y Suecia. La cifra de citas de trabajos de Estados Unidos es más de seis veces superior a la del segundo de la lista (Inglaterra). El número de trabajos publicados por autores españoles es de 5.982 y el número de citas es **94.964**.

En el listado de Multidisciplinaria (*Country Rankings in Multidisciplinary*) la posición de España es la número **16** de un total de 71 países, precedida por Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Japón, Francia, Canadá, Rusia, Suiza, Italia, República Popular China, India, Australia, Suecia, Holanda e Israel. El número de trabajos publicados por autores españoles en los últimos 20 años es de 180 y el número de citas es **1.467**.

En el listado de Física (*Country Rankings in Physics*) la posición de España en la número **10** de un total de 83 países, precedida exclusivamente por Estados Unidos, Alemania, Japón, Francia, Inglaterra, Rusia, Italia, Suiza y Canadá. El número de trabajos publicados por autores españoles en los últimos 20 años es de 23.489 y el número de citas es **178.362**.

En el listado de Ciencias de las plantas y los animales (*Country Rankings in Plant & Animal Science*) la posición de España en la número **9** de un total de 100 países, precedida por Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Canadá, Japón, Australia y Holanda. El número de trabajos publicados en los últimos 20 años es de 16.507 y el número de citas es **84.949**.

En el listado de Ciencias del espacio (*Country Rankings in Space Science*) la posición de España en la número **10** de un total de 62 países, precedida exclusivamente por Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Francia, Italia, Holanda, Canadá, Japón y Australia. El número de trabajos publicados por autores españoles es de 5.131 y el número de citas es **54.364**.

Para las cifras correspondientes a las otras ocho ramas de la ciencia, que nos parecen más alejadas de las ciencias que se cultivan en nuestra Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, están a libre disposición en la página Web del *ISI Essential Science Indicators* (<http://www.isinet.com>). En la misma página web se incluye un listado de ordenación de las ciencias en cada país, basado en el número total de citaciones de cada rama. Los valores correspondientes para España, para las catorce ramas de la ciencia indicadas, han sido aportados anteriormente y el orden resultante es:

1.- Química; 2.- Física; 3.- Biología y bioquímica; 4.- Biología molecular y genética; 5.- Ciencias de los animales y las plantas; 6.- Ciencias del espacio; 7.- Ingeniería; 8.- Medio ambiente y ecología; 9.- Ciencias agrícolas; 10.- Ciencias de los materiales; 11.- Ciencias geológicas; 12.- Matemáticas; 13.- Ciencias de la Computación; 14.- Multidisciplinaria.

### **Análisis de los resultados**

Los resultados anteriores deben ser analizados con ciertas cautelas. De una parte se pueden cuestionar las propias fuentes de información. En efecto el método utilizado por el *ISI Essential Science* ha sido frecuentemente discutido ya que en el listado de revistas seleccionadas para cada rama de la ciencia existen un primer grupo, generalmente editadas en Estados Unidos, Inglaterra, Alemania y Holanda, cuya inclusión es indiscutible, ya que son las de mayor prestigio internacional, mientras que hay un segundo grupo de revistas publicadas en diferentes países cuya selección es discutible y discutida.

Por otra parte la posición destacada de los Estados Unidos en todos los listados se puede considerar como un hecho objetivo indiscutible, pero la valoración numérica en cada caso puede estar exagerada ya que se trata de un organismo norteamericano (*Thompson-ISI*) el que hace la valoración y la que establece los criterios de selección. Por otra parte al tratarse de un país de una población muy elevada (293 millones de habitantes) las comparaciones con países como Japón (130 millones de habitantes), Alemania (82 millones), Francia, Reino Unido e Italia (todos ellos con población de unos 60 millones de habitantes), como España (42 millones) o como Canadá (32 millones), necesitan introducir factores correctores. Las diferencias se acentúan cuando se trata de países de muy poca población, como Noruega (4,5 millones), Suiza (7,3 millones), Suecia (9 millones) y Holanda (16 millones).

Pese a las críticas vertidas en los dos párrafos anteriores, esta fuente de información (*ISI ESSENCIAL SCIENCE indicators*) y este método de valoración de la calidad de los trabajos son considerados, por la comunidad científica internacional, como los más objetivos y por ello los más utilizados en cualquier valoración.

La posición de España en las clasificaciones (o “*rankings*”) antes mencionadas merece, igualmente, unos comentarios, relacionándola con la posición que ocupa el país en la economía mundial y con los graves problemas de financiación de la investigación básica existentes en España.

La posición de España para el conjunto de las ciencias (número 12) se puede considerar más alta que el puesto que ocupa España en el contexto económico mundial. Pese a que en algunas estadísticas se ha llegado a considerar a España en el puesto 12, los datos objetivos reales que hemos podido manejar son:

Índice de Competitividad Empresarial.....	puesto 25 <sup>1</sup>
Índice de crecimiento de Competitividad.....	puesto 23 <sup>2</sup>
Calidad de instituciones públicas.....	puesto 31 <sup>3</sup>
Número de usuarios de internet.....	puesto 12 <sup>4</sup>
Renta per capita (17.000 \$, en 2003).....	puesto 22 <sup>5</sup>

En cuanto a la Unión Europea, de los 25, la posición de España es más clara como se reflejan en los siguientes datos del Instituto Nacional de Estadística (INE):

Producto interior bruto PIB (743.046 euros, en 2003)...	puesto 5 de la UE <sup>6</sup>
Producto interior bruto per capita.....	puesto 13 de la UE <sup>7</sup>
Inversión en I+D.....	puesto 16 de la UE <sup>8</sup>

La posición de España, con los baremos anteriores, está comprendida entre el puesto 12 y el 31 por lo que se puede estimar una posición media entre el 20 y el 23 dentro del contexto internacional. La financiación de la investigación en España en los últimos 20 años ha sido muy deficiente, llegando en la actualidad al 0,9% del PIB, lo que contrasta con el 3% de Japón, 2,7% de Estados Unidos, 2,6% de Alemania, 2,3% en Francia y el 2% de media europea<sup>9</sup>. En el *Informe Cotec* (junio de 2004) se destaca que la producción científica española significa un 2,7% de la mundial, mientras que la participación española en el PIB mundial es de un 1,7%<sup>10</sup>.

Ante todos estos datos se puede afirmar que el puesto 12 de España en la clasificación de la calidad de la producción científica en el conjunto de las ciencias y los puestos comprendidos entre el 6 y 16 de cada una de las ramas, están por encima de la posición de España en el contexto económico mundial. Pero también se podría afirmar que son el fruto del entusiasmo y de la entrega de los investigadores (o grupos de investigadores) españoles, más que la expresión del apoyo oficial a la investigación.

En la *Propuesta de Pacto de Estado por la Ciencia* (20-II-2004)<sup>11</sup> presentado por once eminentes científicos españoles, entre ellos dos Académicos Numerarios de nuestra Real Academia (D<sup>a</sup> Margarita Salas y D. Jesús Ávila) y un Académico Correspondiente Nacional (D. José López Barneo) se reclamaba un “*escenario estable en materia presupuestaria, organizativa y de gestión para alcanzar no más allá de 2010, los objetivos de convergencia europeos en las áreas de ciencia y tecnología*”. En materia presupuestaria se reclamaba que se invierta en investigación, desarrollo e innovación el 3% del PIB como se acordó como objetivo europeo para 2010. Dado que en la actualidad la inversión es inferior al 1% del PIB en dicho documento se pedía que en pocos años se llegue, como mínimo, al 2% del PIB. Denunciaban que “los

<sup>1</sup> *Word Economic Forum* reproducido en <http://bolsa.hispavista.com/canales/992/>

<sup>2</sup> *Word Economic Forum* reproducido en <http://bolsa.hispavista.com/canales/992/>

<sup>3</sup> Revista de la Asociación de Miembros, Vida Académica, número 15, Diciembre 2004, p. 54.

<sup>4</sup> Nielsen//NetRatings reproducidos en <http://www.abcdelinternet.com/stats.htm>

<sup>5</sup> <http://www.finfacts.com/biz10/globalworldincomepercapita.htm>

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadística (nota de prensa, 9 de diciembre 2004)

<sup>7</sup> Instituto Nacional de Estadística (nota de prensa, 9 de diciembre 2004)

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Estadística (nota de prensa, 9 de diciembre 2004)

<sup>9</sup> Revista de la Asociación de Miembros, Vida Académica, número 15, diciembre 2004, página 53

<sup>10</sup> Cotec, Resumen del Informe Cotec 2004

<sup>11</sup> <http://www.senc.es/boletin/debatepacto.htm>

*mecanismos de incorporación de nuevos investigadores ofrecen muy limitadas expectativas de futuro. Prima la precariedad frente a la estabilidad*". Se reclamaba una política clara de incorporación de nuevos investigadores "hasta alcanzar la media europea en 2010 (8,3 científicos cada 10.000 ciudadanos frente a los 4,2 actuales)".

Asumiendo en su totalidad el documento anterior se considera que el esfuerzo continuado y generoso que han venido desarrollando los investigadores españoles, en caso de no recibir los debidos apoyos oficiales a corto y medio plazo, puede evolucionar a una decepción generalizada que a su vez pueda derivar en una bajada en las clasificaciones de calidad en los próximos años.

Las posiciones que ocupan las diferentes ramas de la ciencia en España en las clasificaciones oscilan entre el puesto 6 de las Ciencias agrarias y el 16 de la Multidisciplinaria. Dado que las cifras que se manejan son el número total de publicaciones en revistas de la base de datos del ISI y el número de citaciones, habría que introducir un factor corrector en función del número de personas que realizan investigación en las diferentes ramas en España. No corresponde a los autores de este informe el hacer estas correcciones sino que simplemente se llama la atención sobre la necesidad de hacerlo en el caso de que se quieran hacer comparaciones objetivas entre distintas ciencias.