

---

# UNA PERSPECTIVA DE 40 AÑOS DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN ESPAÑA

---

**Pere Caminal**

**CASEIB 2018, Ciudad Real**

---

# ÍNDICE

- La Ingeniería Biomédica en España. Primeros análisis
  - La Ingeniería Biomédica en España. Primeros congresos
  - Análisis de las publicaciones de investigadores españoles
  - Primeras publicaciones internacionales de investigadores españoles
  - Primeras estructuras de investigación en Ingeniería Biomédica
  - Nuevas estructuras de investigación
  - Estructuras de investigación creadas recientemente
  - Evolución del número de grupos de investigación
  - Primeras experiencias docentes en Ingeniería Biomédica
  - Docencia actual en Ingeniería Biomédica
  - Perspectivas de futuro
-

---

# LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN ESPAÑA. PRIMEROS ANÁLISIS (I)

El interés por la Ingeniería Biomédica en España fue analizado en 1978 por J. Galván (1), que posteriormente publicó otros trabajos con consideraciones relativas a la enseñanza (2) y la industria (3).

- J. Galván (1978) “La rentabilidad del ingeniero en el medio hospitalario”. Mundo Electrónico, 70, 55-56.
- J. Galván (1978) “La ingeniería biomédica en España: propuesta de solución a los problemas de la enseñanza”. Mundo Electrónico, 74, 69-72.
- J. Galván (1979) “La industria española de electromedicina”. Mundo Electrónico, 82, 23-32.

De 1980 a 1987 se publican noticias relacionadas con la Ingeniería Biomédica en la sección “Biomundo”, con periodicidad bimestral, en la revista “Mundo Electrónico”.

---

---

# LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN ESPAÑA. PRIMEROS ANÁLISIS (II)

J. Márquez-Montes y J.L. Monteagudo (4) analizaron en 1985 la situación de la Tecnología Sanitaria en España. R. Pallás (5) analizó en 1988 diversos programas docentes de Ingeniería Biomédica que se impartían en Europa y EE.UU. P. Caminal, R. Jané y col. (6) en 1990 describieron seis años de docencia en máster y postgrado en Bioingeniería en la UPC.

- J. Márquez-Montes y J.L. Monteagudo (1985) “Tecnología y Salud. Bases para una planificación en ingeniería clínica, investigación y desarrollo industrial”. Consejería de Salud y Bienestar Social. Comunidad de Madrid.
  - R. Pallàs (1988) “La formación en Ingeniería biomédica: Algunas experiencias”. Mundo Electrónico, 185, 51-57.
  - P. Caminal, R. Jané y col. (1990) “Máster y postgrado en Bioingeniería. La experiencia de la UPC”. Mundo Electrónico, 209, 107-112.
-

# LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN ESPAÑA. PRIMEROS CONGRESOS

En 1980 se constituye la Agrupación Española de Bioingeniería (AEB). Periodo 1980-85, Presidente: Gabriel Ferraté, Secretario: Jesús Galván. La AEB organiza:

- I Reunión Anual de la AEB (Barcelona 1980), II Reunión Anual de la AEB (Madrid 1981), III Reunión Anual de la AEB (Barcelona 1982), IV Reunión Anual de la AEB (Sevilla 1983), ...
- Conferencia Iberoamericana de Bioingeniería (Gijón 1985)
- IV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering (Sevilla 1986)

Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, ETSITM y ETSITB organizan:

- I Symposium Nacional sobre Ingeniería Biomédica, Madrid (1981), Secretario General: Francisco del Pozo (epd)
- II International Symposium on Biomedical Engineering, Madrid (1983), Presidente Comité Científico: Francisco del Pozo (epd)
- III ISBE (Madrid 1987), IV ISBE (Peñíscola 1991), V ISBE (Santiago Compostela 1994)

---

# SOCIEDAD ESPAÑOLA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA (SEIB)

La AEB, constituida en 1980, pasó a denominarse en 1995: Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (SEIB).

La SEIB organiza, aglutinando la Reunión Anual de la AEB y el International Symposium on Biomedical Engineering:

- XIV Congreso de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (CASEIB96), Pamplona (1996)
  - ...
  - ...
  - XXXVI Congreso de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (CASEIB18), Ciudad Real (2018)
-

# INVESTIGADORES EN INGENIERÍA BIOMÉDICA ESPAÑOLES (SCOPUS)

Base de datos Scopus	Número investigadores
<b>h-index &gt; 50</b>	2
<b>40 &lt; h-index &lt; 50</b>	4
<b>30 &lt; h-index &lt; 40</b>	6
<b>25 &lt; h-index &lt; 30</b>	8
<b>20 &lt; h-index &lt; 25</b>	8
<b>15 &lt; h-index &lt; 20</b>	17
<b>número publicaciones &gt; 300</b>	5
<b>200 &lt; número publicaciones &lt; 300</b>	8
<b>140 &lt; número publicaciones &lt; 200</b>	11
<b>80 &lt; número publicaciones &lt; 140</b>	21

# INVESTIGADORES EN INGENIERÍA BIOMÉDICA ESPAÑOLES (SCOPUS)

Los 45 investigadores, con la trayectoria académica descrita en los anteriores parámetros, empezaron a publicar:

	Número investigadores
<b>antes de 1983</b>	<b>3</b>
<b>entre 1983 y 1987</b>	<b>13</b>
<b>entre 1988 y 1992</b>	<b>13</b>
<b>entre 1993 y 1997</b>	<b>8</b>
<b>entre 1998 y 2002</b>	<b>8</b>

# **PUBLICACIONES DE INVESTIGADORES ESPAÑÓLES CITADAS EN SCOPUS (III)**

<b>Periodo</b>	<b>Número de publicaciones</b>
<b>1978-1982</b>	<b>19</b>
<b>1983-1987</b>	<b>74</b>
<b>1988-1992</b>	<b>209</b>
<b>1993-1997</b>	<b>403</b>
<b>1998-2002</b>	<b>633</b>
<b>2003-2007</b>	<b>1284</b>
<b>2008-2012</b>	<b>1843</b>
<b>2013-2017</b>	<b>1956</b>

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR. FUENTE: SCOPUS (1975-1985)

- JM Rodríguez Delgado, V Lipponen, G Weiss, F del Pozo, JL Monteagudo (1975) Two-way transdermal communication with the brain.
  - J Galván (1975) A new input and transfer impedance meter for long term control of chronically implanted electrodes.
  - C Hernández Sande, A Hernández (1981) Aid to diagnosis of foetal bradycardias using the autocorrelation function.
  - RC Hermida, F Halberg, E Halberg, F del Pozo (1983) Cost-effective potential classifiers of the risk of developing high-blood-pressure associated disease
  - P Vera, JV Hoyos, J Nieto (1984) Vertebral prosthesis to replace vertebral bodies and adjacent discs in the lumbar spine
  - R Jané, P Caminal, JR Farré, S Benito, JM Sánchez (1985) Metabolic gas exchange monitor in artificially ventilated patients
  - R Pallàs, FJ Rosell, D Ruiz, J Martí (1985) Safe method to reduce triboelectric interferences in ECG amplifiers
-

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR. FUENTE: SCOPUS (1986-1988)

- L Roa, T Gómez (1986) Analysis of the extracellular protein and fluid shifts in burned patients.
  - R Farré, D Navajas, MM Rotger (1986) Optical method for determining the frequency response of pressure-measurement systems in respiratory mechanics
  - EJ Gómez, F del Pozo, M Serrano (1987) DIACRONO: A new portable microcomputer system for diabetes management
  - V Moret, C Hernández Sande, A Alonso (1987) Knowledge-based system as an aid to weaning patients from mechanical ventilation
  - JM Ferrero de Loma-Osorio, E Guijarro, A Mocholi, M Robles, FJ Sáiz (1988) Obtention of blood pressure dependent heart synchronized evoked potentials
  - FJ Rosell, J Colominas, P Riu, R Pallàs, JG Webster (1988) Skin impedance from 1 Hz to 1 MHz
  - D Tost, X Pueyo (1988) Human body animation: a survey
  - D Cabello, S Barro, R Ruiz, EL Zapata, J Mira (1988) Arithymias: Application to the diagnosis of ventricular arrhythmias
-

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR. FUENTE: SCOPUS (1989-1993)

- S. Guillén, MT Arredondo, G Martín, JM Ferrero Corral (1989) Detection of ventricular fibrillation using the autocorrelation function analysis of the ECG
  - P Laguna, P Caminal, NV Thakor, R Jané (1989) Adaptive QRS shape estimation using Hermite model
  - D García Dorado, P Theroux, M Desco, J Solares, J Elizaga et al (1989) Cell-to-cell interaction: A mechanism to explain wave-front progression of myocardial necrosis
  - E Gómez, F Del Pozo, MT Arredondo, JJ Bonastre, ME Hernando (1990) The use of the DIACRONO as an aid in ambulatory decision making of diabetic patients
  - A Silvestre, A Raya, M Fernández, M Anglada, JA Planell (1990) Failure of acrylic bone cements under triaxial stresses
  - M Vallverdú, MJ Koremberg, P Caminal (1991) A NARMAX model of the neural control of the cardiovascular system
  - JJ Vaquero, F del Pozo, H Rahms, F Lasso (1991) Multimedia workstation for nuclear medicine departments
  - JJ Roca Dorda, JM Fernández, LM Tomás (1993) SISTCOM: Integrated system of multifunctional communication for motor disabled people, development project
-

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR.

## FUENTE: SCOPUS (1994-1995)

- R Bragós, FJ Rosell, P Riu (1994) A wide-band AC-coupled current source for electrical impedance tomography
  - A Sánchez, M Ginjaume, H Chakkor, A Melero, F Pons, X Ortega (1994) Estimation of peripheral dose from two linacs: Mevatron MX6700 and Mevatron KDS
  - MP Ginebra, E Fernández, MG Boltong, O Bermúdez, JA Planell, FCM Driessens (1994) Compliance of an apatitic calcium phosphate cement with the short-term clinical requirements in bone surgery, orthopaedics and dentistry
  - FJ Chorro, J Guerrero et al (1995) The automatic, beat-to-beat determination of the QT interval and analysis of its spontaneous variability under basal conditions
  - FJ Gil, E Fernández, JM Manero, JA Planell, J Sabrià, L Giner (1995) A study of the abrasive resistance of metal alloys with applications in dental prosthetic fixators
  - BF Giraldo, M Binia, J Marrugat, P Caminal (1995) Arrhythmia diagnosis system: validation methodology
  - JJ Vaquero, RJ Vilar, A Santos, F del Pozo (1995) Cardiac MR imaging compression: comparison between wavelet based and JPEG methods
-

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR. FUENTE: SCOPUS (1996-1997)

- A Casals, J Amat, E Laporte (1996) Automatic guidance of an assistant robot in laparoscopic surgery
  - P Lander, E Aramendi, R Groshon, L Sornmo et al (1996) Relation between estimates of myocardial ischemia using high resolution ECG and scintigraphic images
  - MA Mañanas, A Torres, JA Fiz, J Morera, P Caminal, R Jané (1996) Time and frequency analysis of signals from sternomastoid muscle in COPD patients and control group
  - G Bueno, MH Fisher, K Burnham (1997) Syntactic and statistical pattern recognition in medical image based measurement system
  - J Millet, JJ López, R Ruiz, R García, MA Pérez (1997) Differentiation of supraventricular and ventricular arrhythmias based on morphological analysis of ICD stored electrograms
  - V Valev, P Radeva (1997) ECG recognition by Boolean decision rules
-

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR. FUENTE: SCOPUS (1998-1999)

- C Smano, L Roa, B Acha (1998) Evaluation of a telemedicine platform in a burn unit
  - R Hornero, A Alonso, N Jimeno, A Jimeno, M López (1999) Nonlinear analysis of time series generated by schizophrenic patients: Measuring the capacity to develop a random rhythm as a test for estimating cognitive-motor dysfunction
  - C Alberola, F Juan, J Ruiz, R Socas (1999) Human hand postures and gestures recognition: Towards a human-gesture communication interface
  - L Roa, T Gómez, B Acha, C Serrano (1999) Digital imaging in remote diagnosis of burns
  - R Sánchez Reillo, C Sánchez Ávila, A González (1999) Multiresolution analysis and geometric measures for biometric identification systems
  - J Millet, JJ Rieta, E Vilanova, A Mocholí, FJ Chorro (1999) Time-frequency analysis of a single ECG to discriminate between ventricular tachycardia and ventricular fibrillation
-

---

# PRIMERA PUBLICACIÓN INTERNACIONAL DE CADA INVESTIGADOR. FUENTE: SCOPUS (2000)

- MJ Ledesma, N Malpica, M Desco, JC Antoranz, A Santos, P Marcos, MA García (2000) Quantitative intramyocardial M-mode DTI analysis
  - J Reina, L Roa, M Rovayo (2000) Newbet: telemedicine platform for burn patients
  - V Masero, FM Sánchez Margallo, J Usón (2000) An integrated system of telemedicine for minimally invasive surgery
  - R Jané, J Solà, JA Fiz, J Morera (2000) Automatic detection of snoring signals: Validation with simple snorers and OSAS patients
  - MA Mañanas, S Romero, P Caminal (2000) A comparative study of respiratory models in control of ventilation
  - J Pascau, M Desco, P Rojo, A Santos, J López, M.A. Pozo (2000) Spatial localisation of EEG dipoles in MRI using the 10-20 international system anatomical references
  - F Fernández, J Samitier, O Ruiz, J Bausells, E Abdelhamid (2000) Design and simulation of a dielectrophoretic-based microsystem for bioparticle handling
-

---

# PRIMERAS ESTRUCTURAS DE INVESTIGACIÓN EN ING. BIOMÉDICA

- 1976 Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)
  - 1976 Unidad de Bioingeniería (Hospital Ramón y Cajal), y Laboratorio de Informática y Cibernética Médica (Universidad Politécnica de Madrid)
  - 1982 Comisión de Bioingeniería Hospital de la Santa Creu i Sant Pau – Institut de Cibernètica (UPC-CSIC)
  - 1983 Cátedra de Bioingeniería en España (ETSIT-UPM)
  - 1986 Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la UPM
-

---

# NUEVAS ESTRUCTURAS DE INVESTIGACIÓN EN EL PERIODO 1996-2004

- Red Temática en Ingeniería Biomédica (REDINBIO)
  - Red Temática de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad y Mayores (RETADIM)
  - Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica (CREB UPC)
  - Centro en Red de Ingeniería Biomédica (CRIB UPV)
  - Centre de Bioelectrònica i Nanomedicina (CBEN UB)
-

---

# EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Grupos participantes en el primer congreso organizado por la SEIB  
(CASEIB 1996)

- 14 Instituciones, 21 grupos de investigación

Grupos participantes en las I Jornadas de Redinbio (2004)

- 21 Instituciones (incremento 50%), 43 grupos de investigación (incremento 100%)
-

---

# ESTRUCTURAS DE INVESTIGACIÓN CREADAS RECIENTEMENTE

- 2006. CIBER – BBN (Consortio Centro de Investigación Biomédica en Red de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina), liderado por el Instituto de Salud Carlos III (47 grupos de investigación)
  - 2006. Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC) (17 líneas de investigación)
  - 2008. Centro de Tecnología Biomédica de la UPM (Montegancedo). (17 líneas de investigación)
  - 2015. CataloniaBio & HealthTech Cluster (170 empresas, además de agentes colaboradores: hospitales, centros de investigación y universidades)
-

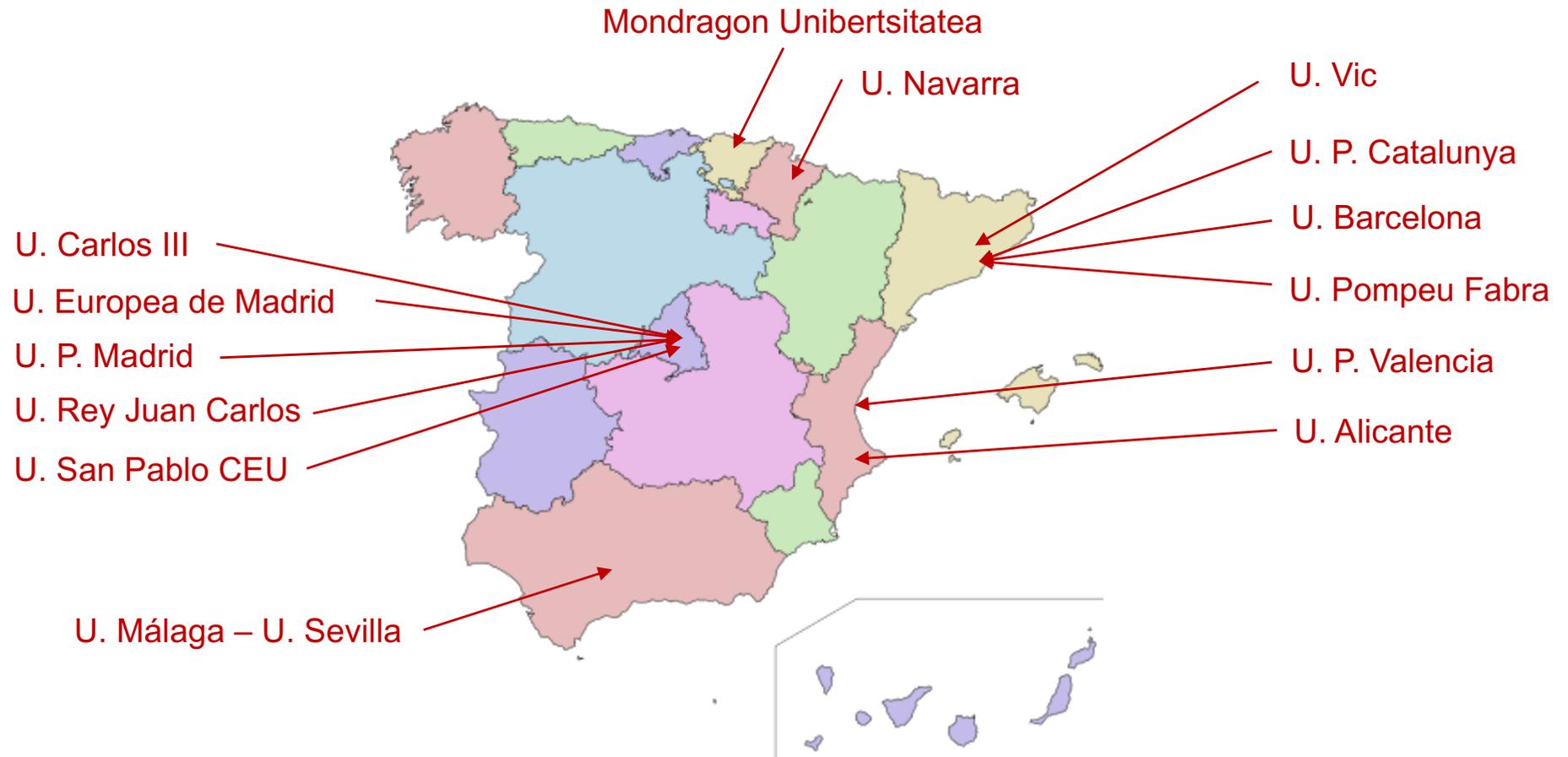
---

# PRIMERAS EXPERIENCIAS DOCENTES EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

- Postgrado en Bioingeniería (UPC) desde 1984
  - Posteriormente, Postgrado en Bioingeniería en UPM y UZ
  - Intensificación de Bioingeniería en los estudios de Ingeniería de Telecomunicación, UPM (desde 1984)
  - Intensificación en Ingeniería Biomédica en los estudios de Ingeniería Técnica Industrial (Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Química, ...) UPC (desde 2001)
-

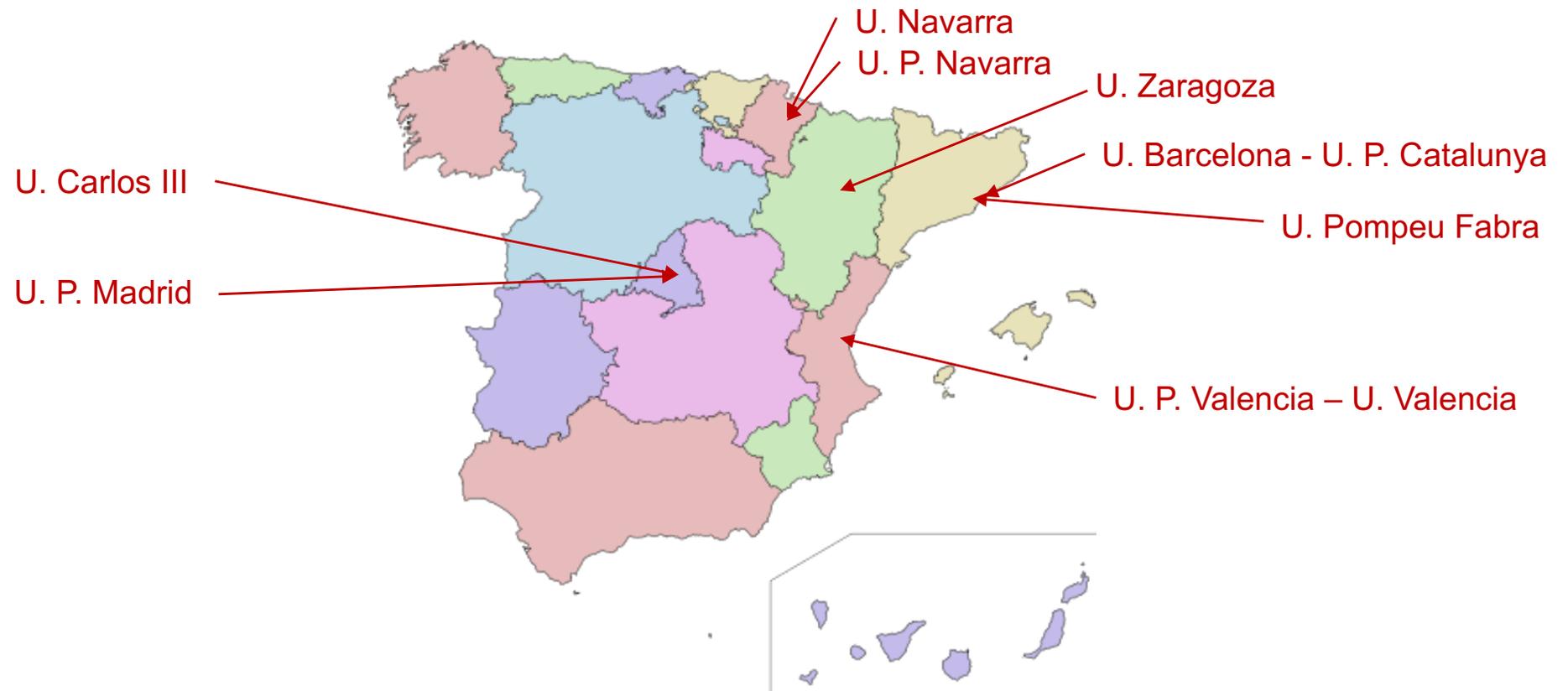
# DOCENCIA ACTUAL EN INGENIERÍA BIOMÉDICA (I)

**14 Titulaciones de Grado en Ingeniería Biomédica en 15 universidades:**



# DOCENCIA ACTUAL EN INGENIERÍA BIOMÉDICA (II)

**8 Titulaciones de Máster en Ingeniería Biomédica en 10 universidades:**



# SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO (I)

## Situación laboral titulados en el Grado en Ingeniería Biomédica (UPC):

Continuaron sus estudios:

- con el Máster en Ingeniería biomédica: 47%
- con otros Másters (MBA, Bioinformática, Imágenes médicas, ...): 31%

Trabajan en:

- empresas del sector: 57%
- institutos de investigación biomédica y universidades: 19%
- hospitales: 5%
- empresas de otros sectores: 19%

Trabajan en:

- Catalunya: 69%
- Madrid y País Vasco: 4%
- Otros países Europa: 25%
- América: 2%

---

# SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO (II)

## **Situación laboral titulados Máster en Ingeniería Biomédica (UPC-UB):**

Trabajan en:

- empresas del sector: 54%
- institutos de investigación biomédica: 14%
- universidades: 9%
- hospitales: 6%
- empresas de otros sectores: 17%

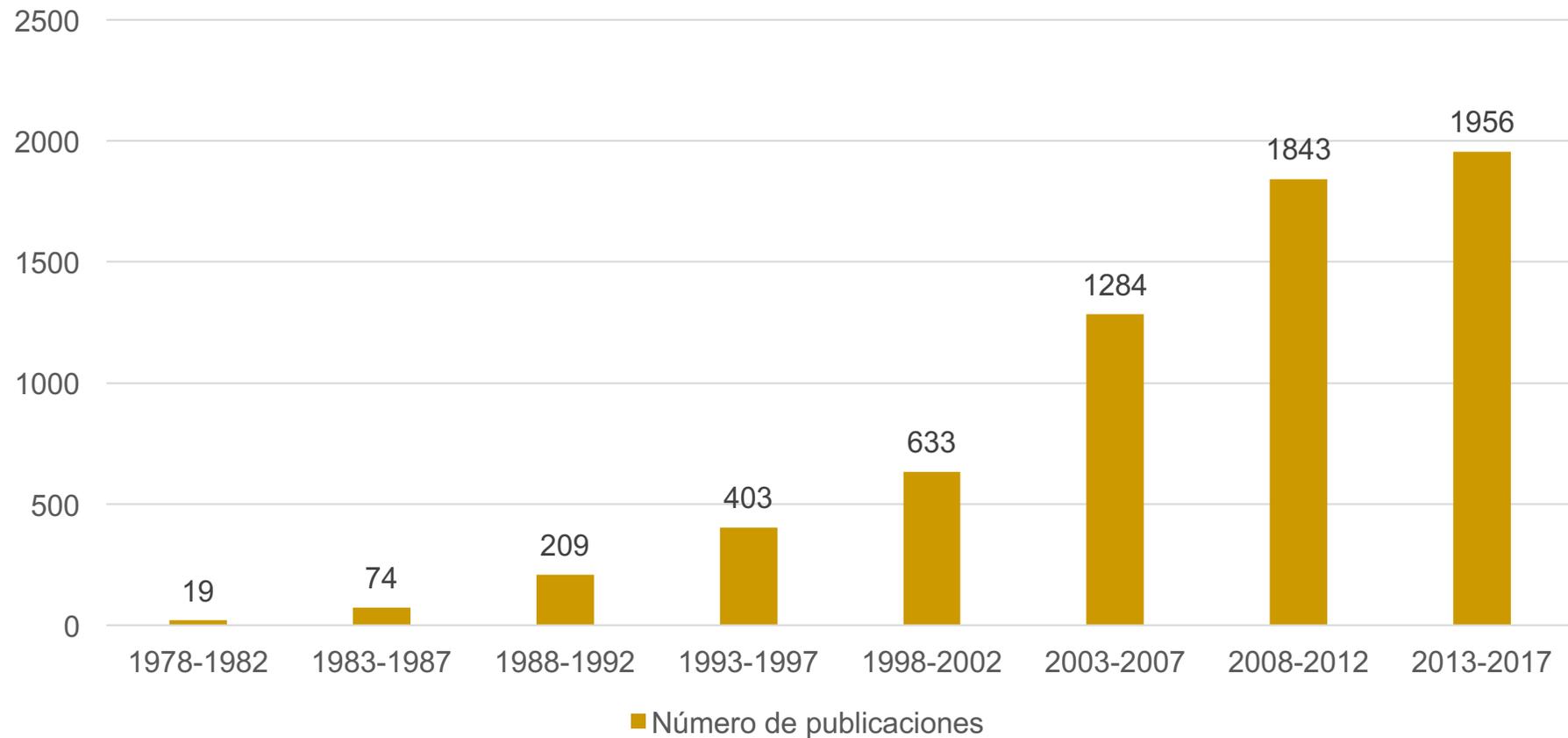
De ellos el 15% realizan su tesis doctoral, una cuarta parte en empresas.

Trabajan en:

- Catalunya: 80%
  - Madrid y País Vasco: 6%
  - Otros países Europa: 6%
  - América: 8%
-

# SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO (III)

Tendencias en publicaciones científicas



# SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO (IV)

## A nivel financiación investigación

- Desde 2015, Subprograma de Ingeniería Biomédica de la Subdirección Gral. de Proyectos de Investigación del MINECO.
- Actualmente, Área temática de la Agencia Estatal de Investigación: PIN (Producción industrial, ingeniería civil e ingenierías para la sociedad), Subárea: Ingeniería Biomédica.

## A nivel empresarial

- El estudio sobre las fuentes de financiación de las empresas biomédicas en España identifica dos tendencias consolidadas:
  - el crecimiento de la participación de los fondos internacionales (del 12% en 2016 al 16% en 2017)
  - el aumento de la dimensión de las operaciones, con una media de 3,4 millones de euros por operación frente los 3 millones de media del año anterior.
- La facturación del mercado español de tecnología sanitaria en 2017 mostró un crecimiento del 3% respecto al año anterior.
- Las exportaciones han acumulado un incremento del 30% en los últimos 5 años.

---

# MUCHAS GRACIAS

