

## TESIS DOCTORAL

*Análisis cuantitativo de la producción científica  
y técnica de la Ingeniería Química Española*

María del Pilar Lagar Barbosa

Directores:

**Dr. D. Antonio Pulgarín Guerrero**  
**Dra. D<sup>a</sup> María Isabel Escalona Fernández**

Badajoz, mayo 2012





# TESIS DOCTORAL

*Análisis cuantitativo de la producción científica y  
técnica de la Ingeniería Química Española*

Departamento de Información y Comunicación

**María del Pilar Lagar Barbosa**

**Directores:**

**Dr. D. Antonio Pulgarín Guerrero y  
Dra. D<sup>a</sup> María Isabel Escalona Fernández**

Badajoz, mayo 2012







Uex. Facultad de Ciencias. Patio del Edificio *Juan Remón Camacho*

## **CAPÍTULO 0. Índices**



## Índice de contenido

### I. INTRODUCCIÓN

1.1	Introducción.....	3
1.2	La ingeniería Química .....	14
1.2.1	Concepto .....	15
1.2.2	Estructura de la Ingeniería Química.....	20
1.2.3	Evolución histórica.....	25
1.2.3.1	Antecedentes .....	25
1.2.3.2	Origen y Evolución como disciplina .....	29
1.2.3.3	Evolución reciente .....	38
1.2.4	Ingeniería Química en España .....	47
1.2.5	Perfil Profesional .....	51

### II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1	Justificación del trabajo .....	57
2.2	Delimitación del tema .....	71
2.3	Finalidad del trabajo e hipótesis de partida.....	76
2.4	Objetivos .....	78
2.5	Estructura de la memoria .....	82

### III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1	Material .....	87
3.1.1	Unidad de análisis .....	88
3.1.2	Fuentes de Información .....	90
3.1.2.1	Fuente de datos.....	90
3.1.2.1.1	Web of Science .....	93
3.1.2.2	Fuentes institucionales y documentales .....	102

3.2 Método .....	107
3.2.1 Introducción.....	107
3.2.2 Herramientas para el análisis .....	114
3.2.2.1 Herramientas informáticas.....	114
3.2.2.2 Gestión bibliográfica .....	114
3.2.2.3 Software de análisis de redes .....	115
3.2.2.4 Journal Citation Reports (JCR) .....	116
3.2.3 Recuperación de la información .....	117
3.2.3.1 Ecuaciones de búsqueda .....	121
3.2.3.2 Recuperación de los registros .....	129
3.2.3.2.1 Información previa a la recuperación .....	129
3.2.3.2.2 Búsquedas en las bases de datos de WoS .....	136
3.2.4 Tratamiento de los datos .....	142
3.2.5 Normalización de los datos .....	145
3.2.6 Procesado de los datos.....	147
3.2.7 Análisis de los datos.....	150
3.2.7.1 Análisis estadístico.....	150
3.2.7.2 Análisis bibliométrico: Indicadores.....	152
3.2.7.3 Colaboración científica .....	155
3.2.7.4 Análisis de Redes .....	157
3.2.7.5 Indicadores aplicados.....	159
3.2.7.5.1 Indicadores relacionados con la producción .....	160
3.2.7.5.2 Indicadores relacionados con la colaboración científica .....	164
3.2.7.5.3 Indicadores relacionados con las publicaciones científicas.....	165
3.2.7.5.4 Indicadores relacionados con las categorías temáticas (JCR) .....	166
3.2.7.5.5 Indicadores relacionados con la repercusión de la producción .....	166
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.0 Presentación de los datos .....	171
4.1 Datos generales .....	171
4.1.1 Producción científica en España .....	174
4.2 Producción científica total en IQ .....	179
4.2.1 Número de documentos: evolución anual.....	179
4.2.2 Tipología documental e idioma de publicación .....	181

4.2.3	Evolución de la citación.....	182
4.2.4	Referencias bibliográficas en los documentos de 2006.....	192
4.2.5	Autoría .....	197
4.2.5.1	Productividad de los autores .....	197
4.2.5.2	Concentración de la producción científica entre los autores: Índice de Gini y Curva de Lorenz .....	201
4.2.5.3	Productividad científica de los autores. Estimación de los parámetros de la Ley de Lotka.....	203
4.3	Colaboración Científica .....	211
4.3.1	Co-autoría .....	212
4.3.2	Colaboración institucional .....	216
4.3.2.1	Datos generales.....	216
4.3.2.2	Colaboración Nacional .....	221
4.3.2.3	Colaboración internacional.....	225
4.3.2.4	Colaboración mixta .....	228
4.3.2.5	Países colaboradores.....	232
4.4	Revistas/Publicaciones científicas.....	238
4.4.1	Distribución de la productividad en las revistas científicas .....	238
4.4.2	Dispersión de la literatura científica: Ley de Bradford .....	242
4.4.3	Idioma y país de edición de las revistas científicas .....	243
4.4.4	Revistas españolas y latinoamericanas.....	245
4.5	Categorías temáticas.....	247
4.5.1	Categorías a las que están asignadas la producción de la IQ.....	247
4.5.2	Asignación de las revistas a las categorías temáticas .....	250
4.6	Repercusión de la IQ.....	252
4.6.1	Factor de impacto – Cuartiles .....	254
4.6.2	TOP.....	357
4.6.3	Repercusión por categorías temáticas.....	259
4.7	Producción científica por Universidades .....	263
4.7.1	Datos generales .....	263
7.2.1.1	Producción.....	264
7.2.1.2	Citación.....	265
4.7.1.3	Colaboración vs análisis de redes.....	268
4.7.2	Andalucía .....	272
7.2.2.1	Universidad de Almería .....	273
7.2.2.2	Universidad de Cádiz .....	276
7.2.2.3	Universidad de Córdoba.....	278
7.2.2.4	Universidad de Granada .....	281

7.2.2.5	Universidad de Huelva .....	284
7.2.2.6	Universidad de Jaén.....	287
7.2.2.7	Universidad de Málaga.....	289
7.2.2.8	Universidad de Pablo de Olavide .....	292
7.2.2.9	Universidad de Sevilla .....	294
7.2.2.9.1	Departamento de Ingeniería Química .....	296
7.2.2.9.2	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental .....	299
4.7.3	Aragón.....	302
4.7.4	Asturias .....	305
4.7.5	Cantabria.....	308
4.7.6	Castilla-La Mancha .....	311
4.7.7	Castilla y León .....	314
4.7.7.1	Universidad de Burgos .....	315
4.7.7.2	Universidad de León .....	318
4.7.7.3	Universidad de Salamanca.....	321
4.7.7.4	Universidad de Valladolid.....	324
4.7.8	Cataluña .....	327
4.7.8.1	Universidad Autónoma de Barcelona .....	328
4.7.8.2	Universidad Barcelona .....	331
4.7.8.3	Universidad de Girona .....	335
4.7.8.4	Universidad de Lleida.....	338
4.7.8.5	Universidad Politécnica de Cataluña .....	341
4.7.8.6	Universidad Ramón Llull .....	344
4.7.8.7	Universidad Rovira i Virgili.....	347
4.7.9	Extremadura.....	351
4.7.10	Galicia .....	354
4.7.10.1	Universidad de A Coruña .....	355
4.7.10.2	Universidad de Santiago de Compostela .....	358
4.7.10.3	Universidad de Vigo .....	361
4.7.11	Islas Baleares .....	365
4.7.12	Islas Canarias.....	368
4.7.12.1	Universidad de la Laguna.....	369
4.7.12.1	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.....	371
4.7.13	La Rioja .....	374
4.7.14	Madrid .....	377
4.7.14.1	Universidad de Alcalá.....	378
4.7.14.2	Universidad Autónoma de Madrid .....	380
4.7.14.3	Universidad Carlos III de Madrid .....	383

4.7.14.4 Universidad Complutense de Madrid .....	386
4.7.14.5 Universidad Politécnica de Madrid .....	389
4.7.14.5.1 Departamento de Ingeniería Química y Combustibles .....	392
4.7.14.5.2 Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente .....	394
4.7.14.5.3 Departamento de Física y Química Industrial Aplicada .....	397
4.7.14.5.4 Departamento de Química Industrial y Polímeros .....	498
4.7.14.6 Universidad Rey Juan Carlos .....	400
4.7.15 Murcia.....	403
4.7.15.1 Universidad de Murcia.....	404
4.7.15.2 Universidad Politécnica de Cartagena.....	407
4.7.16 Navarra.....	410
4.7.17 País Vasco .....	413
4.2.17.1 Departamento de Ingeniería Química.....	414
4.2.16.2 Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente.....	417
4.2.16.3 Departamento de Química Aplicada.....	420
4.7.18 Valencia.....	423
4.2.18.1 Universidad de Alicante.....	424
4.2.18.2 Universidad Jaume I de Castellón .....	427
4.2.18.3 Universidad Miguel Hernández de Elche.....	430
4.2.18.4 Universidad Politécnica de Valencia.....	431
4.2.18.4 Universidad de Valencia .....	434
5. Conclusiones.....	441
6. Referencias .....	453
Anexos .....	467

## Índice de Figuras

Figura 1.1	Campo de actuación de la ingeniería Química .....	19
Figura 1.2	Esquema general clásico de un proceso químico-industrial .....	21
Figura 1.3	Organización estructural de la Ingeniería Química .....	23
Figura 1.4	Árbol estructural de la Ingeniería Química según Aris .....	24
Figura 1.5	Equipo de destilación en el Renacimiento .....	26
Figura 1.6	Portada de libro de Gregorius Agrícola “De Re Metallica” (1556).....	28
Figura 3.1	Selección de las publicaciones por Thomson Reuters .....	95
Figura 3.2	Proceso de producción y extracción de revistas en las bases de datos de Web of Science .....	95
Figura 3.3a	Modelo de registro capturado de las bases de datos WoS .....	99
Figura 3.3b	Modelo de registro capturado de las bases de datos WoS .....	100
Figura 3.4a	Esquema General del Proceso de Trabajo. 1ª Etapa .....	110
Figura 3.4b	Esquema General del Proceso de Trabajo. 2ª Etapa .....	112
Figura 3.4c	Esquema General del Proceso de Trabajo. 3ª Etapa .....	112
Figura 3.4d	Esquema General del Proceso de Trabajo. Etapas 4ª-6ª.....	113
Figura 3.5	Proceso llevado a cabo en la recuperación de la información .....	120
Figura 3.6	Imagen de <i>Advance Search</i> de WoS .....	122
Figura 3.7	Imagen de <i>Search History</i> de WoS .....	124
Figura 3.8	Visualización de resultados .....	124
Figura 3.9	Imagen de WoS que refleja la ecuación de búsqueda 1 .....	126
Figura 3.10	Web del Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Zaragoza .....	131
Figura 3.11	Captura de datos de un departamento de la base de datos “Departamentos” .....	134
Figura 3.12	Etapa correspondiente a la obtención de registros .....	136
Figura 3.13	Imagen de Análisis de Resultados, tomada de WoK.....	137



Figura 3.14	Imagen de las Instituciones a través de Análisis de los resultados .....	139
Figura 3.15	Fase del proceso de tratamiento de los datos.....	142
Figura 3.16	Imagen de la etapa del procesamiento de los datos .....	147
Figura 4.1	Evolución de la producción nacional y universitaria en el periodo 2000-2006 .....	175
Figura 4.2	Distribución porcentual e interanual del número de documentos .....	179
Figura 4.3.	Evolución del crecimiento de la producción en relación al año 2000.....	180
Figura 4.4	Distribución de la tipología documental.....	181
Figura 4.5	Relación % entre documentos y citas'08.....	184
Figura 4.6	Relación % entre documentos y citas'11.....	187
Figura 4.7	Evolución de la citación durante el periodo 2000-2011 .....	190
Figura 4.8	Número de referencias según la edad de éstas .....	194
Figura 4.9	Distribución de la productividad de los autores (escala log-log) .....	198
Figura 4.10	Distribución de distintos niveles de productividad de los autores .....	199
Figura 4.11	Curva de Lorenz .....	202
Figura 4.12	Estimación de la pendiente, n .....	209
Figura 4.13	Número de firmas por documento.....	213
Figura 4.14	Distribución del número de firmas por documento. ....	213
Figura 4.15	Colaboración en IQ.....	217
Figura 4.16	Evolución anual de la colaboración institucional .....	218
Figura 4.17	Proporción de documentos en colaboración institucional .....	219
Figura 4.18	Tipo de colaboración institucional .....	220
Figura 4.19	Evolución anual de la colaboración nacional: nº de instituciones .....	222
Figura 4.20	Distribución anual de la colaboración nacional y citación.....	223
Figura 4.21	Uso de las fuentes en colaboración nacional .....	223
Figura 4.22	Tipo de instituciones colaboradoras.....	224
Figura 4.23	Evolución anual de la colaboración internacional: nº de Instituciones .....	226
Figura 4.24	Distribución anual de la colaboración internacional y citación .....	227
Figura 4.25	Uso de las fuentes en colaboración internacional .....	227
Figura 4.26	Evolución anual de la colaboración mixta: nº de instituciones.....	229
Figura 4.27	Distribución anual de la colaboración mixta y citación.....	230
Figura 4.28	Uso de las fuentes en colaboración mixta.....	230
Figura 4.29	Tipo de Instituciones nacionales en colaboración mixta.....	232
Figura 4.30	Comparación de la evolución de la colaboración con los 9 principales países con quien colaboran .....	235
Figura 4.31	Revistas que más publicaron sobre IQ en el periodo 2000-2006 .....	240

Figura 4.32	Evolución del número de documentos en cuatro revistas .....	241
Figura 4.33	Dispersión de la literatura científica (Bradford).....	243
Figura 4.34	Distribución de las revistas por países que las editan .....	245
Figura 4.35	Distribución de categorías del JCR, según el número de revistas y de artículos ( $\geq 100$ ) que contiene .....	248
Figura 4.36	Distribución de las revistas en cuartiles .....	255
Figura 4.37	Distribución de los documentos en cuartiles .....	255
Figura 4.38	Número de revistas y posición de las mismas en Q1 .....	258
Figura 4.39	Distribución de las universidades por producción y citación.....	267
Figura 4.40	Red de colaboración nacional en Ingeniería Química .....	269
Figura 4.41	Red de colaboración internacional en Ingeniería Química de las universidades españolas .....	270
Figura 4.42	Producción científica de las universidades de Andalucía .....	273
Figura 4.43	Producción científica y citas recibidas de la Universidad de Almería ....	274
Figura 4.44	Categorías temáticas de la Universidad de Almería.....	275
Figura 4.45	Evolución de la producción científica y citas recibidas de la Universidad de Cádiz.....	276
Figura 4.46	Categorías temáticas de la Universidad de Cádiz .....	277
Figura 4.47	Evolución de la producción científica y citación de la Universidad de Córdoba.....	279
Figura 4.48	Categorías temáticas de la Universidad de Córdoba .....	280
Figura 4.49	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Granada.....	281
Figura 4.50	Categorías temáticas de la Universidad de Granada .....	283
Figura 4.51	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Huelva .....	284
Figura 4.52	Categorías temáticas de la Universidad de Huelva .....	286
Figura 4.53	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Jaén.....	287
Figura 4.54	Categorías temáticas de la Universidad de Jaén .....	288
Figura 4.55	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Málaga.....	290
Figura 4.56	Categorías temáticas de la Universidad de Málaga .....	291
Figura 4.57	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Pablo de Olavide .....	292
Figura 4.58	Categorías temáticas de la Universidad de Pablo de Olavide .....	293
Figura 4.59a	Producción científica de la Universidad de Sevilla.....	295
Figura 4.59b	Evolución de la citación de la Universidad de Sevilla.....	295

Figura 4.60	Producción científica y evolución de la citación del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla .....	297
Figura 4.61	Categorías temáticas de del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla.....	298
Figura 4.62	Producción científica y evolución de la citación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.....	300
Figura 4.63	Categorías temáticas de del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla .....	301
Figura 4.64	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Zaragoza .....	303
Figura 4.65	Categorías temáticas de la Universidad de Zaragoza .....	304
Figura 4.66	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Oviedo .....	306
Figura 4.67	Categorías temáticas de la Universidad de Oviedo.....	307
Figura 4.68	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Cantabria .....	309
Figura 4.69	Categorías temáticas de la Universidad de Cantabria.....	310
Figura 4.70	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Castilla-La Mancha .....	312
Figura 4.71	Categorías temáticas de la Universidad de Castilla-La Mancha.....	313
Figura 4.72	Producción científica y número de citas de las universidades de Castilla y León .....	315
Figura 4.73	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Burgos .....	316
Figura 4.74	Categorías temáticas de la Universidad de Burgos.....	317
Figura 4.75	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de León.....	319
Figura 4.76	Categorías temáticas de la Universidad de León.....	320
Figura 4.77	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Salamanca.....	322
Figura 4.78	Categorías temáticas de la Universidad de Salamanca .....	323
Figura 4.79	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Valladolid .....	324
Figura 4.80	Categorías temáticas de la Universidad de Valladolid.....	326
Figura 4.81	Producción científica de las universidades de Cataluña.....	328
Figura 4.82	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Autónoma de Barcelona .....	329
Figura 4.83	Categorías temáticas de la Universidad Autónoma de Barcelona.....	330

Figura 4.84	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Barcelona .....	332
Figura 4.85	Categorías temáticas de la Universidad de Barcelona .....	334
Figura 4.86	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Girona .....	336
Figura 4.87	Categorías temáticas de la Universidad de Girona .....	337
Figura 4.88	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Lleida.....	339
Figura 4.89	Categorías temáticas de la Universidad de Lleida.....	340
Figura 4.90	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Cataluña.....	342
Figura 4.91	Categorías temáticas de la Univ. Politécnica de Cataluña .....	343
Figura 4.92	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Ramón Llull .....	345
Figura 4.93	Categorías temáticas de la Univ. Ramón Llull.....	346
Figura 4.94	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Rovira i Virgili.....	348
Figura 4.95	Categorías temáticas de la Univ. Rovira i Virgili .....	349
Figura 4.96	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Extremadura .....	351
Figura 4.97	Categorías temáticas de la Universidad de Extremadura.....	353
Figura 4.98	Producción científica de las universidades de Galicia .....	354
Figura 4.99	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de A Coruña.....	356
Figura 4.100	Categorías temáticas de la Universidad de A Coruña .....	357
Figura 4.101	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Santiago de Compostela.....	359
Figura 4.102	Categorías temáticas de la Universidad Santiago de Compostela.....	360
Figura 4.103	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Vigo .....	362
Figura 4.104	Categorías temáticas de la Universidad de Vigo.....	364
Figura 4.105	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Islas Baleares .....	366
Figura 4.106	Categorías temáticas de la Univ. Islas Baleares .....	367
Figura 4.107	Producción científica de las universidades de las Islas Canarias.....	368
Figura 4.108	Producción científica y evolución de la citación de la Universidad La Laguna.....	369
Figura 4.109	Categorías temáticas de la Univ. La Laguna.....	371

Figura 4.110 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Gran Canaria .....	372
Figura 4.111 Categorías temáticas de la Univ. Gran Canaria .....	373
Figura 4.112 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de la Rioja .....	375
Figura 4.113 Categorías temáticas de la Universidad de La Rioja .....	376
Figura 4.114 Producción científica de las universidades de Madrid .....	377
Figura 4.115 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Alcalá .....	378
Figura 4.116 Categorías temáticas de la Univ. Alcalá .....	379
Figura 4.117 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Autónoma de Madrid .....	381
Figura 4.118 Categorías temáticas de la Univ. Autónoma de Madrid .....	382
Figura 4.119 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Carlos III de Madrid .....	384
Figura 4.120 Categorías temáticas de la Univ. Carlos III de Madrid .....	385
Figura 4.121 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Complutense .....	386
Figura 4.122 Categorías temáticas de la Universidad Complutense .....	388
Figura 4.123 Distribución de producción de los departamentos de la Universidad Politécnica de Madrid .....	390
Figura 4.124 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Madrid .....	390
Figura 4.125 Producción científica y evolución de la citación del Departamento de Ingeniería Química y Combustibles .....	392
Figura 4.126. Categorías temáticas del Departamento de Ingeniería Química y Combustibles .....	393
Figura 4.127 Producción científica y evolución de la citación del Departamento Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente .....	395
Figura 4.128. Categorías Temáticas del Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente .....	396
Figura 4.129 Producción científica y evolución de la citación del Departamento Física y Química Industrial Aplicada .....	397
Figura 4.130 Producción científica y evolución de la citación del Departamento Química Industrial y Polímeros .....	399
Figura 4.131 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Rey Juan Carlos .....	401
Figura 4.132 Categorías temáticas de la Universidad Rey Juan Carlos .....	402

Figura 4.133 Producción científica de las universidades de Murcia .....	404
Figura 4.134 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Murcia .....	405
Figura 4.135 Categorías temáticas de la Universidad de Murcia .....	406
Figura 4.136 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Cartagena.....	408
Figura 4.137 Categorías temáticas de la Universidad Politécnica de Cartagena .....	409
Figura 4.138 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Pública de Navarra .....	411
Figura 4.139 Categorías temáticas de la Universidad Pública de Navarra .....	412
Figura 4.140 Producción científica de las universidades del País Vasco .....	414
Figura 4.141 Producción científica y evolución de la citación del Departamento de Ingeniería Química .....	415
Figura 4.142 Categorías temáticas del Departamento de ingeniería Química .....	416
Figura 4.143 Producción científica y evolución de la citación del Departamento de IQ y Medio Ambiente .....	418
Figura 4.144 Categorías temáticas del Dpto. de IQ y Medio Ambiente.....	419
Figura 4.145 Producción científica y evolución de la citación del Departamento de Química Aplicada .....	421
Figura 4.146 Categorías temáticas del Departamento de Química Aplicada .....	422
Figura 4.147 Producción científica de las universidades de Valencia .....	424
Figura 4.148 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Alicante .....	425
Figura 4.149 Categorías temáticas de la Universidad de Alicante.....	426
Figura 4.150 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Jaume I de Castellón.....	428
Figura 4.151 Categorías temáticas de la Universidad Jaume I de Castellón.....	429
Figura 4.152 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Miguel Hernández de Elche.....	430
Figura 4.153 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Valencia .....	432
Figura 4.154 Categorías temáticas de la Universidad Politécnica de Valencia .....	433
Figura 4.155 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Valencia .....	435
Figura 4.156 Categorías temáticas de la Universidad de Valencia .....	436

## Índice de Tablas

Tabla 1.1	Fechas en el desarrollo histórico de la Ingeniería Química .....	38
Tabla 1.2	Principales informes realizados sobre tendencias de la IQ.....	40
Tabla 1.3	Fronteras y campos prioritarios de investigación según el informe Amundson .....	43
Tabla 1.4	Áreas de interés propuestas en la Conferencia USA-India (1989).....	44
Tabla 1.5	Áreas de Investigación recomendadas por el Comité de Química de las Comunidades Europeas (1989) .....	45
Tabla 1.6	Fechas de interés en el desarrollo de la Ingeniería Química en España.....	50
Tabla 1.7	Funciones y actividades del Ingeniero Químico .....	52
Tabla 2.1	Evolución de la producción española en WoS.....	58
Tabla 3.1	Departamentos universitarios españoles con área de IQ .....	105
Tabla 3.2	Normalización de nombres de autores .....	146
Tabla 4.1	Evolución de la producción nacional vs. universitaria.....	174
Tabla 4.2	Variaciones en número de documentos a nivel nacional .....	176
Tabla 4.3	Variaciones en número de documentos a nivel universitario .....	176
Tabla 4.4	Distribución anual de nº de documentos .....	180
Tabla 4.5	Idioma en el que se publicaron los documentos.....	182
Tabla 4.6	Relación % documentos y % citas'08.....	184
Tabla 4.7	Evolución anual de citas'08: documentos citados vs. No citados .....	185
Tabla 4.8	Relación % doc y % citas'11 .....	186
Tabla 4.9	Evolución anual de citas'11: documentos citados vs. No citados .....	187
Tabla 4.10	Comparación del número de citas recibidas por el conjunto de documentos en los dos períodos analizados.....	188
Tabla 4.11	Resumen de datos de citas.....	188
Tabla 4.12	Evolución de la citación durante el periodo 2000-2011 .....	189



Tabla 4.13 Distribución de referencias respecto al año 2006 como edad cero ( $t = 0$ ) .....	195
Tabla 4.14 Distribución de las revistas por Categorías del JCR .....	196
Tabla 4.15 Niveles de productividad de los autores .....	198
Tabla 4.16 Distribución de la producción científica .....	207
Tabla 4.17 Test de Kolmogorov-Smirnov .....	210
Tabla 4.18 Nivel de co-autoría anual en Ingeniería Química .....	212
Tabla 4.19 Distribución de artículos y citas según autoría .....	214
Tabla 4.20 Nº de citas recibidas por grupos de artículos firmados por menos de 4 autores y por 4 o más autores .....	215
Tabla 4.21 Distribución anual del número de documentos en colaboración con otras instituciones .....	217
Tabla 4.22 Distribución de los documentos con y sin colaboración .....	219
Tabla 4.23 Distribución anual de la colaboración institucional nacional .....	221
Tabla 4.24 Distribución anual del número de documentos con colaboración Internacional .....	225
Tabla 4.25 Distribución anual de la colaboración institucional mixta .....	228
Tabla 4.26 Matriz de colaboración instituciones internacionales / nacionales .....	231
Tabla 4.27 Correlación entre el número de artículos anual y % de artículos en colaboración internacional .....	233
Tabla 4.28 Estadístico de contraste de citas recibidas por artículos con colaboración y sin colaboración internacional .....	233
Tabla 4.29 Colaboración internacional por año de publicación de los trabajos .....	234
Tabla 4.30 Colaboración internacional: tipo instituciones colaboradoras .....	236
Tabla 4.31 Distribución de los países de edición de la revista .....	244
Tabla 4.32 Distribución de revistas latinoamericanas .....	246
Tabla 4.33 Distribución del 53% de las revistas asignadas a las categorías del JCR en IQ .....	248
Tabla 4.34 Evolución Anual de las categorías temáticas .....	249
Tabla 4.35 Distribución de las revistas de la Categoría del JCR Water Resources .....	249
Tabla 4.36 Distribución del nº de revistas, documentos y citas en relación al número de categorías .....	251
Tabla 4.37 Distribución de la producción en cuartiles .....	255
Tabla 4.38 Posición de la Revista en el JCR de 2006 .....	256
Tabla 4.39 Posición de las revistas según la distribución de Bradford .....	257
Tabla 4.40 Repercusión de la IQ a través de la CT .....	260
Tabla 4.41 Relación de Universidades con una producción $\geq 70$ documentos .....	265



---

Tabla 4.42 Producción científica de las universidades de Andalucía .....	272
Tabla 4.43 Producción científica de las universidades de Castilla y León .....	314
Tabla 4.44 Producción científica de las universidades de Cataluña .....	327
Tabla 4.45 Producción científica de las universidades de Galicia .....	354
Tabla 4.46 Producción científica de las universidades de las Islas Canarias .....	368
Tabla 4.47 Producción científica de las universidades de Madrid .....	377
Tabla 4.48 Producción científica de las universidades de Murcia .....	403
Tabla 4.49 Producción científica de los departamentos de la Universidad del País Vasco.....	413
Tabla 4.50 Producción científica de las universidades de Valencia.....	423

## Acrónimos

A&HCI	Arts & Humanities Citation Index
AICHE	American Institute of Chemical Engineers, The (USA)
ANECA	Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación
CPCI-S	Conference Proceedings Citation Index- Science
CPCI-SSH	Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
FECYT	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
ICHe	Institution of Chemical Engineers, The (UK)
IQ	Ingeniería Química
iq	Ingeniero químico
JCR	Journal Citation Reports
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NRC	Comité Nacional de Investigación de los Estados Unidos (National Research Council)
SCI	Science Citation Index
SSCI	Social Sciences Citation Index
UAB	Universidad de Autónoma de Barcelona
UAH	Universidad de Alcalá
UAL	Universidad de Alicante
UALM	Universidad de Almería
UAM	Universidad Autónoma de Madrid
UB	Universidad de Barcelona
UBU	Universidad de Burgos
UCA	Universidad de Cádiz
UCAR	Universidad Carlos III de Madrid
UCLM	Universidad de Castilla-La Mancha
UCM	Universidad Complutense de Madrid
UCN	Universidad de Cantabria
UCO	Universidad de Córdoba
UDC	Universidad de A Coruña

---

UDG	Universidad de Girona
UDL	Universidad de Lleida
UEX	Universidad de Extremadura
UGR	Universidad de Granada
UHU	Universidad de Huelva
UIB	Universidad de Illes Balears
UJA	Universidad de Jaén
UJCS	Universidad Jaume I de Castellón
ULE	Universidad de León
ULL	Universidad de La Laguna
ULPGC	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
UM	Universidad de Murcia
UMA	Universidad de Málaga
UMH	Universidad Miguel Hernández de Elche
UNAV	Universidad Pública de Navarra
UOV	Universidad de Oviedo
UPC	Universidad Politécnica de Cataluña
UPCT	Universidad Politécnica de Cartagena
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
UPO	Universidad Pablo de Olavide
UPV	Universidad del País Vasco
UPVA	Universidad Politécnica de Valencia
UR	Universidad de La Rioja
URJC	Universidad Rey Juan Carlos
URLL	Universidad Ramón Llull
URV	Universidad Rovira i Virgili
USA	Universidad de Salamanca
USE	Universidad de Sevilla
USTC	Universidad de Santiago de Compostela
UVA	Universidad de Valladolid
UVEG	Universidad de Valencia Estudi General
UVI	Universidad de Vigo
UZA	Universidad de Zaragoza
WoK	Web of Knowledge
WoS	Web of Science





UEx. Facultad de Ciencias. Edificio *José Luis Sotelo*

## **CAPITULO I. Introducción**



## 1.1 Introducción

A lo largo de su historia, el contenido de la Ingeniería Química (en adelante IQ) ha ido evolucionando desde una Química Aplicada, de naturaleza descriptiva, a su estructura actual que engloba el análisis, síntesis y diseño de procesos.

Tanto la evolución como la diversificación de la IQ han hecho que los investigadores de esta área de conocimiento se internen en una gran variedad de campos, lo que hace que sus investigaciones también se diversifiquen.

La IQ se ha ramificado; ha hecho que los ingenieros químicos (en adelante iq) hayan encontrado nuevas oportunidades profesionales y de investigación en áreas emergentes como la bioingeniería, procesamiento de materiales avanzados y materiales electrónicos y fotoquímicos, etc. La diversificación ha venido impuesta por la necesidad de la IQ de afrontar problemas nuevos y complejos, cuya resolución no ha sido posible sin un tratamiento interdisciplinar<sup>1</sup> de los mismos.

La investigación realizada por los iq, en esta gran diversidad de campos, genera una determinada producción científica, pero un trabajo de investigación no es reconocido como tal hasta tanto no llega a la comunidad científica, siendo el camino más utilizado para ello el de la publicación de los resultados a través del artículo

---

<sup>1</sup> “El prefijo inter (entre), indica que entre las disciplinas se va a establecer una relación [...] La interdisciplinariedad incorpora los resultados de las diversas disciplinas en contraposición a la especialización. [...] La interdisciplinariedad se presenta como connotación de aspectos específicos de la interacción de las disciplinas. La experiencia interdisciplinaria impone a cada especialista que trasciende su propia especialidad, tomando conciencia de sus propios límites, para acoger las contribuciones de las otras disciplinas”. Tomado de: Mario Tamayo y Tamayo, La interdisciplinariedad. [En línea]. Colombia; ICESI [s/f] Disponible en: [http://www.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/5342/1/interdisciplinariedad.pdf](http://www.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/5342/1/interdisciplinariedad.pdf) [consulta: enero 2012]

científico. La difusión de los resultados completa así el proceso de investigación y resulta ser uno de los requisitos del conocimiento científico para considerarse como tal<sup>2</sup>.

Las publicaciones científicas presentan distintos formatos: ponencias y comunicaciones a congresos, artículos de revistas, libros, informes técnicos, tesis, patentes, etc. La difusión permite que el proceso de investigación pueda ser repetido por otros investigadores en cualquier lugar y tiempo, con objeto de corroborar o refutar los resultados, hecho que da lugar a la cita del trabajo original.

El científico ha de someterse a la crítica de sus colegas si pretende que los resultados de su investigación sean difundidos (publicados) y adquieran credibilidad<sup>3</sup>. Por tanto, el trabajo científico es un trabajo colectivo, en equipo, siempre abierto a posteriores revisiones por la comunidad científica del campo de conocimiento específico.

El proceso de comunicación en ciencia es fundamental para que una comunicación científica sea eficaz: los científicos tienen que conocer sus trabajos y, al mismo tiempo, estar actualizados respecto a los nuevos avances en su disciplina<sup>4</sup>.

Aunque la investigación de los científicos en solitario predomina en determinadas áreas de la ciencia, como por ejemplo, en las humanidades, se observa que en general, la actividad de los individuos aparece normalmente guiada por su tendencia o su inclusión en grupos de investigación. Ello se ha debido, en gran parte, al aumento de la complejidad de la ciencia, al incremento significativo de los estudios interdisciplinarios y a las facilidades existentes para que la comunicación entre los científicos sea cada vez más rápida y efectiva<sup>5</sup>. La formación de equipos multidisciplinarios o compartir recursos de elevado coste, son algunas de las ventajas que ofrece la colaboración.

---

<sup>2</sup> Carlos Sabino (1992). El proceso de investigación. [En línea]. Disponible en: <http://masterusal.campus-online.org/Archivos/tic/Procinvest.pdf> [consulta: enero, 2012]

<sup>3</sup> Maltrás Barba, B. (2003) Los indicadores bibliométricos. Fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia. Gijón: Ediciones Trea.

<sup>4</sup> Campanario, J.M. ¿Qué importancia tienen los procesos de comunicación en ciencia? . [En línea]. Disponible en: <http://www2.uah.es/jmc/> [consulta: enero, 2012]

<sup>5</sup> Arunachalam, S. & Jinandra Doss, M. (2000). Science in a small country at a time of globalization: domestic and international collaboration in new biology research in Israel. *Journal of Information Science*. 26: 39-49.



Campanario,<sup>6</sup> citando a Price,<sup>7</sup> afirma que el trabajo científico tiene una destacada naturaleza social, debido a que se desarrolla en el marco de una sociedad determinada. Partiendo del hecho de que el crecimiento de la ciencia se produce gracias a la actividad investigadora, abordando el término desde el producto generado por la acción de investigar, no existe la menor duda de que hay que ir a los productores, como son: las empresas, los centros e institutos de investigación, las universidades y sus departamentos, acotándose a un núcleo social más reducido -no por ello menos interesante-. La investigación, en la mayoría de los casos, se desarrolla en grupos de investigación, sin olvidar otros aspectos de la ciencia como la educación, la tecnología e innovación<sup>8</sup>.

El estudio de grupos de investigación ha adquirido gran relevancia en los últimos años, debido a que se consideran la unidad básica del sistema investigador en gran parte de las disciplinas<sup>9</sup>. Los estudios a nivel micro señalan la importancia de la colaboración entre investigadores de los grupos de investigación, que incluyen varios científicos trabajando en proyectos comunes. A través de la colaboración intergrupala los investigadores, en muchas disciplinas, pueden hacer frente a objetivos científicos que no podrían acometer de forma individual<sup>10,11</sup>.

En España han proliferado en los últimos años distintos catálogos o directorios de grupos de investigación, como son el inventario de grupos de la Junta de Andalucía o el de la Junta de Extremadura<sup>12</sup>; de universidades como el de la Universidad Carlos III de Madrid<sup>13</sup> o el de la UEx<sup>14</sup>, por citar algunos ejemplos. Igualmente se observa un incremento de los procesos de evaluación de la actividad de investigadores y grupos,

---

<sup>6</sup> Campanario, *op. cit.*

<sup>7</sup> Price, D. J. S. (1986) *Little science, big science and beyond*. Nueva York, Columbia University Press:

<sup>8</sup> López Yepes, J. (1989). Introducción a las técnicas de investigación científica. *Estudios de Biblioteconomía y Documentación (Papeles de Documentación, nº 1)*. Murcia: Universidad de Murcia,

<sup>9</sup> Peñaranda Ortega, M. y col. (2006). Los "Small Worlds" y el algoritmo de Floyd: una manera de estudiar la colaboración científica. *Psicothema*, vol. 18(19), pp. 78-83.

<sup>10</sup> Zulueta, M. A., Cabrero, A.; Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 23 (3), pp. 333-347.

<sup>11</sup> Bordons, M.; Zulueta, M. A. (1999). Evolución de la actividad científica a través de los indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, vol. 52, pp. 790-800.

<sup>12</sup> Junta de Extremadura. [En línea]. Disponible en: <http://ayudaspri.juntaextremadura.net/consultas/> [consulta: enero, 2012]

<sup>13</sup> Universidad Carlos III. [En línea]. Disponible en: [http://www.uc3m.es/portal/page/portal/investigacion/nuestros\\_investigadores/grupos\\_investigacion](http://www.uc3m.es/portal/page/portal/investigacion/nuestros_investigadores/grupos_investigacion) [consulta: enero, 2012]

<sup>14</sup> Universidad de Extremadura. [En línea]. Disponible en: <http://www.unex.es/investigacion/grupos> [consulta: enero, 2012]

que deben permitir identificar grupos de excelencia, facilitar la toma de decisiones en la distribución de recursos y optimizar las inversiones en investigación.

Desde el punto de vista de la difusión del conocimiento, hay que destacar el papel que ocupa, en cualquier tipo de organización, la información y/o el conocimiento, convirtiéndose para ésta en un bien preciado y, a su vez, en un nuevo recurso. La información es un recurso estratégico que garantiza, a cualquier organización, ocupar un lugar privilegiado dentro de la sociedad, ya que es fundamental para innovar<sup>15</sup>.

En la difusión del conocimiento, las revistas científicas desempeñan un papel muy importante, constituyendo el principal medio de comunicación (en algunos casos, su uso es superior al 80 %) utilizado por los investigadores para difundir los resultados de sus trabajos de investigación, de tal forma que, por lo general, cuanto mayor sea la visibilidad o el impacto de estas publicaciones en la comunidad científica, mayor será la capacidad de difusión de sus trabajos y el prestigio alcanzado. No hay que olvidar que las revistas científicas actúan como un registro oficial de la ciencia quedando establecidas, a través de ellas, la prioridad de un descubrimiento, de una técnica, de un método, etc., además de conferir prestigio a todos aquellos que se encuentran ligados a las mismas.

Como en la mayoría de las áreas de ciencia, la técnica y la tecnología, los investigadores de IQ tienden a publicar sus investigaciones en revistas internacionales y, más concretamente, en publicaciones recogidas por las bases de datos del *Science Citation Index* (Thomson Reuters). Este hecho es debido a razones diversas como la presión establecida tanto a nivel social como institucional, o a que la mayoría de las revistas científicas existentes a nivel nacional no cubran la diversidad temática de las investigaciones realizadas. Por otro lado la mayoría de los investigadores parten del hecho o creencia de que publicar en una revista con factor de impacto (FI), significa *calidad* de la publicación y, por tanto, todas las investigaciones publicadas en revistas recogidas por el *Journal Citation Reports* (JCR), son consideradas de excelencia. Sin embargo, en opinión de algunos autores, hay que considerar que la calidad de un artículo no debe evaluarse sólo por el impacto o prestigio de la revista en la que se publica<sup>16</sup>. Así, Sternberg<sup>17</sup> y Buela-Casal<sup>18</sup>, recogen razones según las cuales es un

---

<sup>15</sup> Serra, E. y Ceña, M (2004). Las competencias profesionales del bibliotecario documentalista en el siglo XXI. *XV Jornadas Asociación de Bibliotecarios y Bibliotecas de Arquitectura, Construcción y Urbanismo*. Barcelona.

<sup>16</sup> Buela-Casal, G. (2003). Evaluación de la calidad de los artículos y de las revistas científicas: Propuesta del factor de impacto ponderado y de un índice de calidad. [En línea]. *Psicothema*, vol. 15(1), pp. 23-35. Disponible en: <http://www.psicothema.com/psicothema.asp?ID=400> [consulta: Agosto 2011]

error dar más importancia al «dónde» se publica un artículo, que al artículo en sí mismo:

1. Dar más importancia a la revista donde se publica que a lo que se publica.
2. El conservadurismo de las revistas más prestigiosas.
3. Dificultades a las publicaciones de investigaciones interdisciplinarias.
4. Dificultades de la investigación no paradigmática.
5. Inconvenientes de publicar en libros y otros tipos de publicación que no sean revistas.
6. La profecía autocumplida.
7. El «efecto Mateo». «Porque a cualquiera que tuviese, le será dado y tendrá más; y al que no tuviese, aun lo que tiene le será quitado».
8. No todos los artículos publicados en una revista tienen el mismo «impacto».
9. La elección de los autores sobre a qué revista someter el trabajo influye en el nivel de impacto que tendrá.
10. El sistema de revisión «por iguales» no garantiza calidad.
11. No todos los artículos rechazados en una revista tienen poca calidad.
12. Los artículos publicados en revistas con «impacto» ni siquiera tienen garantía de veracidad.
13. El número de citas puede ser manipulado por distintos procedimientos.
14. Que una revista tenga *factor de impacto* y *factor de prestigio* no sólo depende de que reciba citas, sino de que su director y/o institución de la cual depende realice los trámites necesarios para que pueda ser incluida en estos sistemas de cuantificación de citas, de hecho, hay muchas revistas que nunca realizaron esos trámites formales, pero, como es lógico, esto no se relaciona con la calidad.
15. El idioma en que se edita una revista influye en el *factor de impacto* y en el *factor de prestigio*, pues el idioma influye en el número de citas que recibe un artículo.

Otros autores, como Jiménez Contreras<sup>19</sup>, afirman que existe el peligro de que las publicaciones que no sean consideradas importantes por la comunidad científica del propio país, puedan llegar incluso a desaparecer.

El crecimiento paulatino de la producción científica y su indización en las bases de datos, bibliográficas y/o referenciales automatizadas, unido a los avances y la proliferación del uso de las nuevas tecnologías en información y comunicación, hace que las bases de datos, como las contenidas en *WoS*, sean intermediarios imprescindibles en el proceso de transferencia del conocimiento. La búsqueda, localización, identificación, recuperación y obtención de documentos pasa necesariamente por ellas, desde hace ya mucho tiempo.

Por otro lado, gracias a las facilidades que ofrecen en el tratamiento y recuperación masiva de información, las bases de datos constituyen actualmente una de las principales herramientas de evaluación científica y fuentes de datos para la elaboración de estudios métricos de la información, siendo cada vez más importantes,

<sup>17</sup> Sternberg, R.J. (2001). Where was it published? [En línea]. *Observer*, vol. 14(3). Disponible en: <http://www.psychologicalscience.org/observer/1001/published.html>. [Citado en: Bucla-Casal, G.(2003)] [consulta: agosto 2011]

<sup>18</sup> Bucla-Casal, G. (2002). La evaluación de la investigación científica: el criterio de la opinión de la mayoría, el *factor de impacto*, el *factor de prestigio* y «Los Diez Mandamientos» para incrementar las citas. *Análisis y Modificación de Conducta*, vol. 28, pp. 455-476.

<sup>19</sup> Jiménez Contreras, E. (1992). Las revistas científicas: El centro y la periferia. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 15(2), pp. 174-182.

a la hora de medir y evaluar la calidad, tanto de la investigación como del investigador. Su gran capacidad de almacenamiento permite actuar sobre grandes unidades de datos y la estructura y organización de estos datos en campos normalizados, posibilita una presentación homogénea de las referencias.

Las bases de datos bibliográficas la conforman un conjunto de información estructurada en registros y cada uno de estos registros constituye una unidad autónoma de información que puede, a su vez, estar estructurada en campos<sup>20</sup>. Estos campos contienen, entre otros, datos sobre los autores (lugar de trabajo, filiación, etc.), título del trabajo, resumen, palabras clave, descriptores, nombre de la fuente, editores, año de la publicación, etc. Toda esta información permite una gran variedad de posibilidades, tanto para la recuperación de información como para la elaboración de índices sobre los que aplicar los parámetros o indicadores con suficiente garantías de fiabilidad.

La información contenida en las bases de datos está almacenada en soporte electrónico legible desde un ordenador. Pero lo que hasta hace poco tiempo era un acceso a bases de datos en línea, a través de las redes de telecomunicación o de soportes fijos (CD), en los últimos años, todo ha cambiado y el acceso se hace por medio de potentes portales electrónicos vía Internet.

Lo que hasta hace poco tiempo el acceso a estas bases de datos era exclusividad, por lo mencionado anteriormente, de los profesionales y analistas de la información, ahora el uso de las mismas se ha generalizado a los propios investigadores.

A los investigadores les facilita información sobre los trabajos que están recogidos en ellas, ya sean sus propias publicaciones o la de sus colegas. De esta forma les permite observar qué se está haciendo sobre temas de su interés o la repercusión que tienen sus trabajos en la comunidad científica o identificar las revistas con mayor influencia.

En general, les permite descubrir donde hallar información actualizada en sus áreas de especialización. A los profesionales y gestores de la información y del conocimiento les facilita la gestión de la información.

---

<sup>20</sup> Rodríguez Yunta, Luis (2001). Bases de datos documentales: estructura y uso. En: Maldonado, Ángeles (coord.). *La información especializada en Internet*. Madrid: CINDOC.

El objetivo principal de estas bases de datos es la recopilación de la literatura científica como medio de difusión del conocimiento. Las más difundidas y utilizadas son las de ámbito internacional, sobre todo las producidas por Thomson Reuters (antes Thomson Scientific – ISI), que son bases de datos multidisciplinares, de uso frecuente en la recuperación de información y en el estudio de las publicaciones científicas.

Según Moed<sup>21</sup> las bases de datos bibliográficas deben cumplir una serie de requisitos para que se puedan obtener los indicadores bibliométricos. Entre ellos destaca que han de presentar una adecuada cobertura de la literatura científica a estudiar; debe, por otro lado, incluir todos los datos relevantes de las publicaciones científicas: título de la publicación, todos los autores firmantes, la afiliación institucional y geográfica de dichos autores, los datos fuente (título de la fuente, año de publicación, volumen y número, en caso de publicaciones periódicas, página inicial y final, tipo de documento); ha de contener un sistema de clasificación temática que permita delimitar subcampos científicos; normalización tanto de los títulos de las revistas como de las instituciones a las que pertenecen los autores y, por último, que el acceso a ellas sea relativamente fácil y asequible.

Como se ha comentado en párrafos anteriores, en el proceso de difusión de los resultados, la publicación de los trabajos científicos es considerada el producto final de toda actividad científica, permitiendo al investigador, de una parte, transmitir esos nuevos conocimientos y, de otra, obtener el reconocimiento y prestigio a sus investigaciones.

Por este motivo, la publicación científica se convierte en un resultado importante y tangible de la investigación y los indicadores bibliométricos son una herramienta cada vez más utilizada para analizar el estado de la misma a través de la literatura científica que se genera, ya que permiten situar a un país en relación al mundo, una institución en relación a una comunidad, una institución en relación a otra e incluso grupos de científicos en relación con otros. Constituyen pues una forma de evaluar el estado de la ciencia y ayudan a vislumbrar la estructura de la misma.

---

<sup>21</sup> Moed, H.F. (1985). The use of bibliometric data for measurement of university research performance. *Research Policy* 14:131-149. (Citado en: Pacheco Mendoza, MV y Milanés Guisado, Y. Evaluación de la ciencias y los estudios bibliométricos. SIRIVS. [En línea]. Disponible en; [http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/evaluacion\\_de\\_la\\_ciencia.pdf](http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/evaluacion_de_la_ciencia.pdf) [consulta: noviembre 2011].

La evaluación de la actividad científica es un aspecto que afecta a todas las áreas de la ciencia. Esta evaluación servirá para determinar si se han cumplido los objetivos preestablecidos, para valorar los resultados y para determinar aquellos factores y circunstancias que constituyen su fortaleza y debilidades.

Los estudios bibliométricos se han considerado de interés para el análisis de aspectos cuantitativos de la actividad científica, así como para el estudio de su evolución temporal<sup>22,23</sup> y su utilización permite una aproximación objetiva como es la investigadora.

El uso de los indicadores bibliométricos para estudiar los resultados de la actividad investigadora de un país, comunidad autónoma o institución se basa en la premisa de que las publicaciones científicas son el resultado esencial de dicha actividad<sup>24</sup>.

La evaluación de la actividad científica y de la productividad de los investigadores es una cuestión de interés desde muchas perspectivas distintas: la financiación de la investigación, la promoción de los investigadores, la recompensa de la actividad de investigación, la formulación de políticas de investigación y la toma de decisiones relacionadas con tales políticas, la dotación de becas, etc., por estas razones, la preocupación tanto para los propios implicados en la investigación, como para aquellos que tienen que tomar decisiones al respecto.

Así pues, de modo general, dos aspectos de la actividad investigadora son tenidos en cuenta para la evaluación de la actividad investigadora: la cantidad y la calidad<sup>25</sup>.

En nuestro país los dos criterios fundamentales utilizados son, además de la cantidad de artículos publicados (criterio de producción) en revista indizadas en Web of Science (Thomson Reuters), el número de citas que el trabajo de investigación ha

---

<sup>22</sup> Sanz Casado, E. y Martín Moreno, C. (1997). Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación*. 7(2): 41-68.

<sup>23</sup> Sanz Casado, E. y col., (1999). La investigación española en Economía a través de las publicaciones nacionales e internacionales en el período 1990-1995. *Revista de Economía Aplicada*. VIII (20): 113-117.

<sup>24</sup> Delgado López-Cózar, E. y Ruiz Pérez, R. (1995). A model for assessing compliance of scientific journals with international standards. *Libri*. 45: 145-159.

<sup>25</sup> Buéla-Casal, G. (2001). La psicología española y su proyección internacional. El problema del criterio: internacionalidad, calidad y castellano y/o inglés. *Papeles del Psicólogo*. 21: 53-57.

recibido y el índice de impacto de la revista (criterio de calidad) en la que se ha publicado el trabajo de investigación<sup>26</sup>.

Actualmente se admite que los propios investigadores de un área de conocimiento son los más capacitados para evaluar los resultados científicos que se producen en dicha área. No obstante, este sistema de evaluaciones también presenta una serie de inconvenientes como son alto coste y la subjetividad inherente al juicio humano<sup>27</sup>.

En la búsqueda de otros indicadores que aporten objetividad al proceso de evaluación surgen los indicadores bibliométricos basados en el análisis de las publicaciones científicas. El análisis bibliométrico permite profundizar en el estudio de los productos de la ciencia y gracias a los datos que se incluyen habitualmente en la literatura científica, se pueden comprender algunos aspectos del modo de trabajar y publicar de los científicos de las diferentes áreas.

Uno de los aspectos que presenta mayor interés hoy día es el análisis de los flujos de conocimiento y de las relaciones entre científicos, no solo porque pueden dilucidar puntos capitales para la comprensión del desarrollo de problemas o de líneas de investigación, especialmente si se continua otros tipos de análisis, sino también porque informan sobre el dinamismo de los sistemas de ciencia y tecnología.

El artículo científico publicado en la revista científica es el tipo de documento que se utiliza con mayor frecuencia para evaluar la actividad investigadora, como unidad de información.

La evaluación de esta actividad se realiza, mayoritariamente, utilizando técnicas bibliométricas, término precedido por el de “bibliografía estadística”, utilizado por primera vez por Hulme<sup>28</sup> y, como “bibliometría”, por Alan Pritchard<sup>29</sup> en 1969. Aunque la bibliometría no es objeto de este trabajo, sí que va ser utilizada como herramienta en la evaluación de la actividad del conocimiento científico, como es la

---

<sup>26</sup> Salgado, J. F. y Páez, D. (2007). La producción científica y el índice h de Hirsch de la psicología española: convergencia entre indicadores de productividad y comparación con otras áreas. *Psicothema*. 19(2): 179-189.

<sup>27</sup> Osca-Lluch, J.; y col. (2003). La producción científica de la Comunidad Valenciana. *Revista Valenciana d'Estudis Autònoms*. 38: 193-303.

<sup>28</sup> Hulme, E.W. (1923). *Statistical bibliography in relation to the growth of modern civilization*. London: Grafton.

<sup>29</sup> Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, vol. 25(4), pp. 348-349



evaluación de grupos de investigación o instituciones, análisis de transferencia tecnológica producida por un país<sup>30</sup>, etc. y, en nuestro caso, en la IQ española.

Uno de los objetivos principales de los estudios bibliométricos es el tratamiento y análisis cuantitativo del resultado de la actividad científica; que no es otro que la publicación científica como producto final (output). La evaluación de esta actividad investigadora se realiza, mayoritariamente, utilizando técnicas bibliométricas.

Los indicadores bibliométricos son primariamente datos numéricos sobre fenómenos sociales de la actividad científica relativos a la producción, transmisión y consumo de la información<sup>31</sup>, siendo su uso parte importante en la evaluación de dicha actividad así, tanto a nivel institucional como del propio productor (investigador) es paulatina la aceptación y uso de estos indicadores.

Cuando se quiere obtener información cuantitativa sobre algún aspecto de la evaluación científica, se requiere la aplicación de indicadores bibliométricos, que son datos estadísticos obtenidos de la literatura científica<sup>32,33,34</sup>. Con su aplicación se obtienen resultados objetivos de gran interés para la evaluar la actividad investigadora a través de las publicaciones que aparecen en los canales formales de comunicación. Su importancia radica en la evolución que sufren estos indicadores a lo largo del tiempo<sup>35</sup>.

Pero hay que tener presente que estos indicadores no están destinados a sustituir a los especialistas sino que su misión es la de hacer más visible las investigaciones, de manera que estos profesionales tengan a su disposición la información adecuada, para así poder formular una opinión mejor fundamentada<sup>36</sup>.

---

<sup>30</sup> Sanz Casado, E. (2000). *Proyecto de Bibliometría*. Getafe: Universidad Carlos III de Madrid.

<sup>31</sup> López Piñero, J.M.; Terrada, M.L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I) Usos y abusos de la bibliometría. *Medicina Clínica* (Barcelona), vol. 98, pp. 64-68.

<sup>32</sup> Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 13(3-4), pp. 842-865.

<sup>33</sup> Gómez Caridad, I.; Bordons Mangas, M. (1996). Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica. *Política Científica*, vol. 46, pp. 21-26.

<sup>34</sup> Maltrás Barba, *op. cit.*

<sup>35</sup> Sanz Casado, E. (1994). *Manual de estudios de usuarios*. Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez (Biblioteca del libro, nº 62).

<sup>36</sup> Rousseau, R. (2001). Indicadores bibliométricos y econométricos de la evaluación de instituciones científicas. [En línea]. ACIMED. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/5164/1/sci08100.pdf> [Consulta: noviembre 2011]



En cuanto a los indicadores, la visibilidad o impacto de la investigación se debe al impulso proporcionado por  $SC$ <sup>37</sup>, fundamentándose en la relación entre documentos citados y citantes<sup>38</sup>. Uno de los indicadores bibliométricos más conocido es el FI<sup>39</sup>, destacando como herramienta complementaria para evaluar la actividad académica y reflejando el impacto científico de los trabajos<sup>40</sup>.

En el ámbito científico está asentada la idea de la necesidad de evaluar el rendimiento de la actividad científica y su impacto, siendo habitual para ello el uso de los indicadores bibliométricos<sup>41</sup>, sin olvidar el papel importante que desempeñan los propios investigadores y expertos de las distintas disciplinas.

---

<sup>37</sup> Cole, S. (1989). Citations and the evaluation of individual scientists. *Trends in Biochemical Sciences*, vol. 14(1), pp. 9-13.

<sup>38</sup> Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría*. Caracas: UNESCO-CII/II.

<sup>39</sup> Garfield, E. (1955). Citation Indexes for sciences. *Science*, vol. 122(3159), pp. 108-111. [Reimpreso en: *Essays of an Information Scientists*, 1983, 6: 468-471].

<sup>40</sup> Moed, H.F. (2002). The impact factors debate: the ISI's uses and limits. *Nature*, vol. 415, pp. 731-732.

<sup>41</sup> Sancho, R. (1990) Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13, 3-4.

## 1.2 La Ingeniería Química

*«En poco más de un siglo, la Ingeniería Química ha erigido la infraestructura técnica de buena parte de la sociedad moderna. Sin su contribución, industrias como las petroquímicas, farmacéuticas, alimentarias, textiles y de fabricación de productos químicos no existirían en la forma en que hoy las conocemos. En los próximos años, la Ingeniería Química deberá convertirse en el vínculo principal entre la ciencia y la ingeniería gracias a los lazos que el ingeniero químico ha mantenido siempre con las ciencias básicas.»*

*U.S. National Research Council, 1988<sup>42</sup>*

Para la *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE) la Ingeniería Química es “el campo de la actividad humana en que los conocimientos de las Ciencias Físicas y Naturales, y de la Economía se aplican a fines útiles. La misión del Ingeniero Químico es el desarrollo de los procesos industriales, es decir, transformar cualquier concepción de laboratorio en un proceso eficiente de fabricación.” Es un área de la ciencia donde van a confluir conocimientos de otras ramas del saber como las Matemáticas, la Física, la Química, la Biología y las Ciencias Sociales. Así, la Ingeniería Química se constituye como una disciplina formada por un compendio de conocimientos multidisciplinares, de ahí, que la colaboración científica adquiera un valor predominante en el desarrollo y avance de esta ciencia.

La Ingeniería Química ha sufrido una continua evolución desde sus orígenes como disciplina independiente (hacia 1880) hasta nuestros días; consecuencia lógica tanto de los cambios sufridos en la Industria Química, como por el desarrollo de las Ciencias Básicas que ha permitido la aplicación de los nuevos conocimientos a escala industrial<sup>43</sup>. Es por ello que la Ingeniería Química no puede considerarse como una disciplina rígida, sino abierta a su aplicación en nuevos campos en los que tradicionalmente no trabajaban los ingenieros químicos<sup>44</sup>. En este capítulo se observa a la Ingeniería Química tanto desde las distintas definiciones propuestas a lo largo del tiempo como a través del recorrido histórico de esta disciplina.

---

<sup>42</sup> Rosal, R. ¿Qué es la Ingeniería Química?. [En línea] <http://www2.uah.es/rosal/> [Última consulta: enero, 2012: página no disponible en el servidor de la universidad]

<sup>43</sup> González Montero, T. (2002). La Ingeniería Química como disciplina. Proyecto Docente. Badajoz: Universidad de Extremadura.

<sup>44</sup> Corrales, J. (1999). Las tecnologías de la próxima década. *Ingeniería Química*, (356), 100.

## 1.2.1 Concepto<sup>45</sup>

Desde su aparición se han dado múltiples definiciones de la Ingeniería Química, las cuales han ido modificándose y adaptándose de acuerdo con la evolución de la misma. Ello es debido al amplio abanico de temas que aborda y del cambio sufrido por sus contenidos y campos de aplicación; por tanto, es lógico que no se haya alcanzado una definición universal de la IQ. Cuando se ha pretendido definirla de manera amplia, abarcando la gran mayoría de los campos de aplicación que cubre, dicha definición resulta ser poco precisa. Por el contrario, cuando se pretende establecer una definición que establezca los temas y funciones que incluye, resulta lógicamente incompleta<sup>46</sup>. A pesar de ello, en todo momento ha quedado reflejado el carácter de ciencia aplicada.

A continuación se pasa revista, por orden cronológico, a las más destacadas definiciones establecidas para esta disciplina, lo que permite comprobar la continua evolución que se produce en ella a lo largo del tiempo.

En el informe presentado en 1922 por el Profesor A.D. Little al *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE), del que era Presidente del Comité de Educación, se recoge la que se considera la primera definición ampliamente aceptada de la Ingeniería Química como materia independiente de otras<sup>47,48</sup>. Esta definición establecía:

*La ingeniería Química, como se desprende del considerable número de temas que comprenden los cursos que llevan este nombre, no es una combinación de Química e Ingeniería Mecánica y Civil, sino una rama de la Ingeniería, cuya base son las Operaciones Unitarias, que adecuadamente ordenadas y coordinadas constituyen un proceso químico, tal y como opera a escala industrial.*

Posteriormente, en 1935, el AIChE consideró que la definición anterior resultaba insuficiente y estableció el siguiente enunciado:

---

<sup>45</sup> Fuente: Proyectos Docentes de profesores del Área de Ingeniería Química de la Universidad de Extremadura y, principalmente de González Montero, T (2002) y González Lena, M.A (2011).

<sup>46</sup> González Montero, *op. cit.*

<sup>47</sup> Legarreta, J.A. y Hoover, L.H. (1986), La Ingeniería Química: Profesión y Docencia, *Ingeniería Química*, (206), p.171.

<sup>48</sup> AIChE (1922). Report of the Committee of Chemical Engineering Education. AIChE, Nueva York.

*La ingeniería Química es la rama de la Ingeniería que trata el desarrollo y aplicación de los procesos de fabricación en los que están involucradas transformaciones químicas o ciertas transformaciones físicas de las materias primas. Estos procesos constan generalmente de series coordinadas de Operaciones Básicas y Procesos Químicos Unitarios.*

La definición del profesor Little y su posterior concreción establecían el carácter diferenciado de la Ingeniería Química como disciplina encargada del estudio de las operaciones unitarias, cuyo concepto fue definitivamente establecido con la publicación, en 1923, de la monografía *Principles of Chemical Engineering* por W.H. Walker, W.K. Lewis y W.H. McAdams, los tres profesores pertenecían al Massachusetts Institute of Technology (MIT).

En 1951 el Prof. J. Cathala del "Institute de Génie Chimique de Toulouse" proporciona una de las definiciones más conocidas<sup>49</sup>. Para él la IQ es

*[...] el arte de concebir, calcular, diseñar, hacer, construir y hacer funcionar las instalaciones donde efectuar a escala industrial cualquier transformación química.*

El Prof. Letort de la Escuela Nacional Superior de Industrias Químicas de Nancy añade, en 1961, la frase<sup>50</sup>: *[...] transformación química u operación física de separación inmediata.*

También, en esta fecha el AIChE establece una definición en la que presenta una tendencia a la generalización e interdisciplinariedad, estableciendo relaciones con otras ramas de la Ciencia y de la Técnica<sup>51</sup>:

*La Técnica es el campo de la actividad humana en que los conocimientos de las Ciencias Físicas y Naturales y de la Economía se aplican a fines útiles. La Ingeniería Química es la parte de este campo que trata de las modificaciones de composición, contenido energético o estado físico que pueden experimentar las sustancias. La misión del ingeniero químico es el desarrollo de los procesos industriales, es decir, transformar cualquier concepción de laboratorio en proceso eficiente de fabricación.*

Estas definiciones ponen de manifiesto cual era la situación de la disciplina en los años 50. Al no disponerse de las actuales tecnologías de cálculo computacional y

<sup>49</sup> Cathala, J. (1951), Le Génie Chimique, *Chem. Eng. Sci.*, 1(1), 1.

<sup>50</sup> Letort, M. (1961), La Génie Chimique, *Gen. Chim.*, 86 (3), pp. 53-63.

<sup>51</sup> AIChE (1961). Committee on dynamic objectives for Chemical Engineering. *Chem. Eng. Prog.*, 57, p 69.

de la información y la comunicación, además de un conocimiento limitado de muchos de los fenómenos, la Ingeniería Química se consideraba en gran parte como “arte”. Esta situación contrasta con la actual, en la que el desarrollo de complejos sistemas de diseño y control asistido por ordenador hace que la componente artística se haya reducido notablemente<sup>52</sup>. Así hace ya algunas décadas Hougen<sup>6</sup> señalaba cómo evoluciona la Ingeniería Química en la dicotomía arte-ciencia: *Hace setenta años la Ingeniería Química tenía un 99% de arte y un 1% de ciencia. Hoy en día, la profesión es un 50% arte.*

El Prof. Costa<sup>53</sup> relaciona las definiciones propuestas por el AIChE y el Prof. Cathala, destacando que de ambas se desprende el papel fundamental de la Química entre las ciencias básicas de la Ingeniería Química, haciendo mención a que *la IQ, como las restantes ramas de la ingeniería, es arte y ciencia, incrementándose su carácter científico día a día.*

Siguiendo con las distintas definiciones, en 1968, el Prof. Vian<sup>54</sup>, establece una de las definiciones más sencillas e intuitivas de la Ingeniería Química: *La Ingeniería Química es saber hacer Química a escala industrial.*

La *Institution of Chemical Engineers*<sup>55</sup> (IChE) de Gran Bretaña, en el Primer Simposio sobre la enseñanza de la Ingeniería Química celebrado en Londres en 1981, propone una definición de carácter marcadamente científico donde establece la importancia de los fenómenos de transporte e introduce los procesos bioquímicos como un objetivo de aplicación de la Ingeniería Química

*La Ingeniería Química es una disciplina en la que los cuatro procesos de transferencia de calor, de materia, de cantidad de movimiento y el cambio químico, incluyendo el bioquímico se combinan con las ecuaciones fundamentales de conservación y las leyes de la Termodinámica para facilitar la comprensión de los fenómenos que tienen lugar en los equipos y en las plantas de proceso.*

Posteriormente, esta misma institución<sup>56</sup>, durante el Segundo Simposio, celebrado en 1987, propone una de las definiciones más amplias

---

<sup>52</sup> González Lena, M.A. (2011). *Proyecto Docente e Investigador*. Badajoz: Universidad de Extremadura.

<sup>53</sup> Costa, E. y col. (1983). *Ingeniería Química*. Vol. 1. Conceptos Generales. Madrid: Ediciones Alhambra.

<sup>54</sup> Vian, A. (1968) *La Química Técnica como Enseñanza Universitaria*. *Química e Industria*, 15, p73.

<sup>55</sup> The Institution of Chemical Engineers (1981), *Proceedings of First International Symposium on Chemical Engineering Education, IChE Symp. Ser.*, 70.

<sup>56</sup> The Institution of Chemical Engineers (1987). *Proceedings of Second International Conference on Chemical Engineering Education, IChE Symp. Ser.*, 101.

*La Ingeniería Química es una rama de la ingeniería relacionada con los procesos en los que las materias sufren un cambio de composición, contenido energético o estado físico: con los medios para su procesado; con los productos resultantes y con su aplicación a la consecución de objetivos útiles. La Ingeniería Química tiene sus fundamentos en las Matemáticas, la Física y la Química; sus operaciones se desarrollan sobre la base de los conocimientos aportados por estas ciencias, por otras ramas de la ingeniería, por la Biología y por las Ciencias Sociales. La práctica de la Ingeniería Química consiste en la concepción, el desarrollo, el diseño, la innovación y la aplicación de los procesos y sus productos; también concierne a la práctica en la Ingeniería Química el desarrollo económico, el diseño, la construcción, la operación, el control y la dirección de plantas químicas para esos procesos, la investigación y la enseñanza en estos campos.*

En el mismo año que la anterior<sup>57</sup>, L.E. Scriven propuso una definición en la que extiende su aplicación a los nuevos campos emergentes a finales de la década de los años 80:

*La esencia de la Ingeniería Química es la concepción o síntesis, el diseño, la comprobación y el dimensionado, operación y optimización de los procesos industriales que cambian el estado o micro estructura y, más específicamente, la composición de los materiales mediante separaciones físico-químicas y, sobre todo, mediante reacciones química especialmente catalítica, incluyendo reacciones bioquímicas y electroquímicas.*

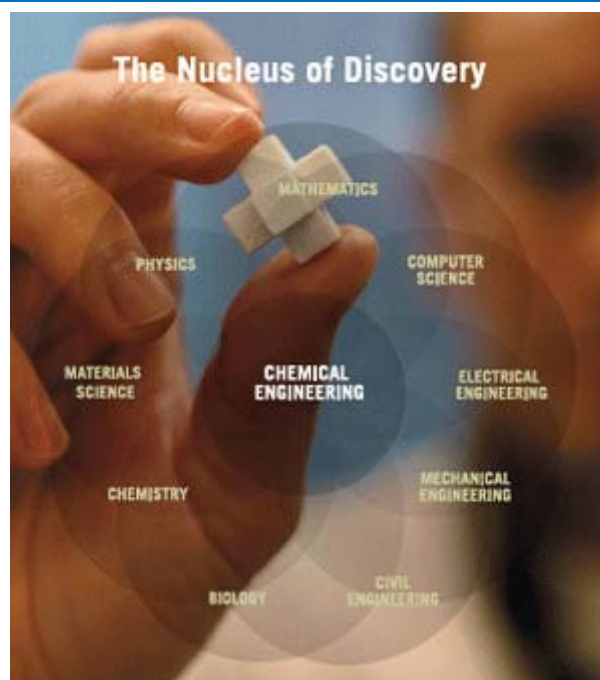
Del análisis cronológico de las anteriores definiciones se deduce que, con el transcurso del tiempo, éstas tienden a ser más extensas, lo cual pone de manifiesto la continua expansión en que se encuentra el campo de aplicación de esta disciplina, observándose claramente la evolución que la labor del ingeniero químico ha sufrido a lo largo del siglo XX. Así, la IQ tiene sus fundamentos en las matemáticas, la física y la química; sus operaciones se desarrollan sobre la base de los conocimientos aportados por estas ciencias, y por otras ramas de la ingeniería, por la biología, la economía.

Y, como dicen que una imagen<sup>58</sup> vale más que mil palabras, la figura 1.1 muestra las relaciones con las ciencias de las cuales toma sus fundamentos, métodos, técnicas, ...

---

<sup>57</sup> Scriven, L.E. (1987). The role of past, current and future technologies in Chemical Engineering. *Chem. Eng. Prog.*, 83 (12), p. 65.

<sup>58</sup> Fuente: Massachusetts Institute of Technology (MIT). [En línea]. Disponible en <http://ocw.mit.edu/courses/chemical-engineering/> [consulta: enero, 2012].



**Figura 1.1. Campo de actuación de la ingeniería Química**

El ingeniero químico aplica los principios de estas ciencias para resolver problemas y proporcionar compuestos de todo tipo, desde productos farmacéuticos hasta combustibles, pasando por productos químicos industriales. En esta rama se incluye el control de la contaminación y la conservación de la energía. *La investigación en industrias de vanguardia, como la nanotecnología y la biotecnología, y en las áreas tradicionales de investigación dependerá de los ingenieros químicos para descifrar información molecular con el fin de desarrollar nuevos productos y procesos*<sup>59</sup>.

Todas las definiciones señalan el carácter práctico o «ingenieril» de la función del ingeniero químico. La razón de esto está en sus orígenes, más ligada a la ciencia química (y a la física) que a la ingeniería tradicional. Y son estos orígenes precisamente los que hacen que la orientación y el fundamento científico de la Ingeniería Química sea superior al de otras ingenierías tales como la civil, mecánica o eléctrica<sup>60</sup>. El desarrollo conceptual de la Ingeniería Química ha ampliado constantemente la base científica con la que operan los profesionales de la industria química. El empirismo propio de la tecnología basada en la práctica industrial ha ido

<sup>59</sup> MIT, *op. cit*

<sup>60</sup> Freshwater, D.C., George E. Davis, Norman (1980). Swindin and the Empirical Tradition in Chemical Engineering, en W.F. Furter Ed., "History of Chemical Engineering", ACS Series 190, American Chemical Society, Washington D.C., (Citado por: Rosal, R., página citada).

dejando paso progresivamente al fundamento científico de los desarrollos más que en ninguna otra ingeniería<sup>61</sup>.

El Prof. Rosal<sup>62</sup> termina una relación de definiciones incluyendo al final una “pintoresca y literaria definición” dada por el Prof. Dr. Klaus Weissermel, que proviene de una paráfrasis del Sueño de Scipio, Cícero, «De Republica», VI, 18:

*La tecnología química se concibe a menudo como el vínculo entre la química y la ingeniería mecánica. Sin embargo, ¿no se trata más bien de un instrumento en el concierto de las ciencias de la naturaleza y la ingeniería? De la misma forma que la consecución de la armonía en una composición musical supone que todos los instrumentos sigan un mismo compás, únicamente se podrá mantener la calidad de la elaboración de un determinado producto químico si el desarrollo de la técnica de producción concuerda precisamente con la química de la reacción implicada. Las ciencias químicas, físicas e ingenieriles en su sentido más amplio, deben para ello organizarse conjuntamente.»*

## 1.2.2 Estructura de la Ingeniería Química<sup>63</sup>

A través del recorrido por las distintas definiciones se observa que el campo de aplicaciones de la disciplina se encuentra en continua expansión. Por ello resulta impensable el establecimiento de límites que pudieran abarcar la totalidad de las aplicaciones de la Ingeniería Química<sup>64</sup>.

Como se ha mencionado anteriormente, el amplio campo de aplicación de la IQ es consecuencia de la cada vez mayor interrelación de esta disciplina con otras áreas de la Ciencia y de la Técnica. Así, materias como Biotecnología o Ingeniería Bioquímica, que hace unas décadas hubiera sido impensable que pudieran ser objeto de estudio de los ingenieros químicos, hoy en día son habituales en los planes de estudio de Ingeniería Química y en la investigación de los ingenieros químicos.

---

<sup>61</sup> Rosal, *op. cit*

<sup>62</sup> *Ibidem*

<sup>63</sup> Texto tomado de Proyectos Docentes de profesores del Área de Ingeniería Química de la Universidad de Extremadura y, principalmente de González Montero, T (2002) y González Lena, M.A (2011).

<sup>64</sup> Tapias, H. (1999). Ingeniería Química: escenario futuro y dos nuevos paradigmas, *Ingeniería Química*, (159), p. 179.



Por otra parte, los aspectos relacionados con la contaminación ambiental constituyen un apartado de particular importancia. La minimización de emisiones y residuos constituye un reto para la industria química, no sólo desde el punto de vista de disminuir el impacto ambiental, sino también desde la perspectiva de mejorar la eficacia, productividad, seguridad y calidad en general de los procesos químicos.

Por todo ello, resulta imposible abordar el estudio de la Ingeniería Química de una forma global, haciéndose necesaria la división de esta disciplina en sectores con diferente denominación y contenido.

Pese a su gran diversidad, cualquier proceso químico-industrial puede representarse esquemáticamente de la forma indicada en la figura 1.2<sup>65</sup>. En ella puede observarse que, en primer lugar, las materias primas se someten a una serie de tratamientos de naturaleza física, cuya finalidad es adecuarlas en: tamaño (molienda y tamizado), estado físico (disolución), pureza (extracción, rectificación, etc.), contenido energético (calefacción), ..., para su posterior transformación en el reactor químico. Los productos que se obtienen en el reactor han de ser sometidos a otras operaciones, también de tipo físico (filtración, centrifugación, destilación, absorción, cristalización, etc.), para que se obtenga finalmente un producto comercial con la calidad y aspecto demandados por el mercado.

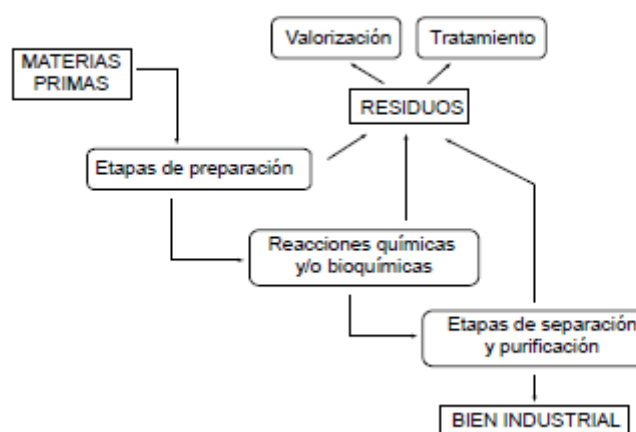


Figura 1.2. Esquema general clásico de un proceso químico-industrial

<sup>65</sup> González Lena, *op cit.*

Además, los residuos generados como consecuencia del proceso deben de ser sometidos a tratamientos de carácter físico (absorción, adsorción, filtración, etc.), químico (neutralización, reducción, etc.) o biológico (tratamiento biológico de aguas residuales, compostaje de materia orgánica, etc.) para evitar el impacto ambiental de su vertido.

El anterior esquema permite dividir a la Ingeniería Química en tres grandes sectores<sup>66</sup>, que se muestran en la figura 1.3<sup>67</sup>:

1. **Operaciones Básicas y Operaciones Unitarias.** Estudio de las operaciones de carácter físico, previas y posteriores a la etapa de reacción química. Estas Operaciones se repiten en la práctica totalidad de los procesos químico-industriales: transporte fluidos y sólidos; operaciones de molienda y tamizado, sedimentación; calentar o enfriar diferentes sustancias; destilación, extracción, adsorción, absorción, secado, intercambio iónico, cristalización, etc.
2. **Ingeniería de la Reacción Química.** Estudio de la etapa/s de tratamiento químico. Las reacciones químicas pueden clasificarse en función del número de fases implicadas. Reacciones homogéneas son aquellas en las que todas las sustancias (reaccionantes, productos y catalizador, si existiese) se encuentran en una única fase. Así se distingue entre reacciones bifásicas: sólido-gas, sólido-líquido, líquido-gas y líquido-líquido; y reacciones trifásicas: sólido-líquido-gas y sólido-líquido-líquido. En las reacciones heterogéneas la fase sólida, cuando interviene, puede ser un reaccionante, un producto o el catalizador.

Cada uno de estos tipos de reacciones, cuyo equilibrio viene fijado por la Termodinámica y cuya velocidad está determinada por la Cinética Química, puede considerarse como una operación diferente que, a su vez, puede llevarse a cabo en diferentes tipos de reactores, con características diferenciales entre ellos como son su geometría, tipo de flujo, existencia de resistencias a la transferencia de materia o a la transmisión de calor, etc.

---

<sup>66</sup> Costa, (1983), *op. cit.*

<sup>67</sup> Fuente: González Lena, *op cit.*

3. **Ingeniería de Procesos Químico-Industrial.** Este bloque abarca el estudio de los procesos químicos como conjuntos y teniendo en cuenta el componente económico.

La Ingeniería de Procesos se ocupa del adecuado planteamiento de las posibles alternativas de un proceso químico, de su optimización y de la previsión de las repercusiones que se deriven de por posibles variaciones futuras de los factores en juego. Se trata de un sector de gran complejidad que se encuentra en auge, lo que es señal evidente del creciente conocimiento científico de los aspectos relacionados con la Ingeniería Química.

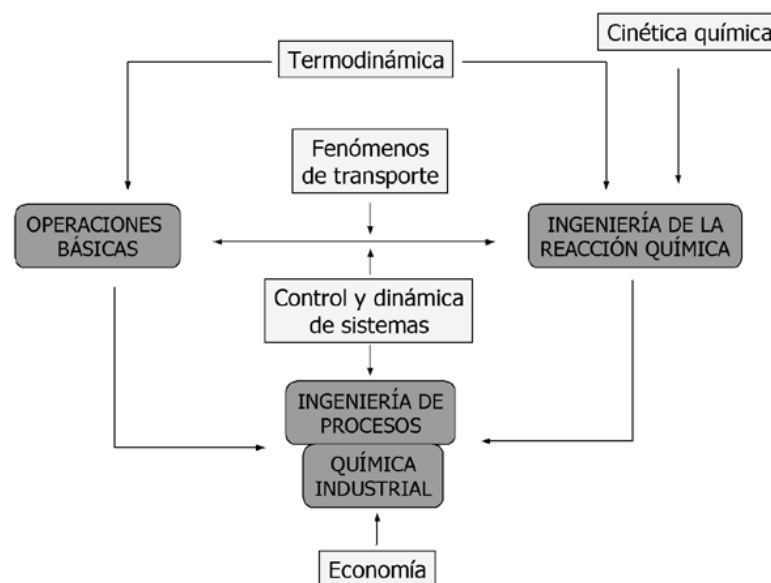


Figura 1.3. Organización estructural de la Ingeniería Química

La Química Industrial aborda el estudio de los procesos de transformación de las materias primas naturales para la obtención de productos de mayor valor económico y social. Es este bloque se incluyen los aspectos relacionados con Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Cada uno de estos sectores requieren el apoyo de otras disciplinas básicas o complementarias, como:

1. Termodinámica
2. Cinética Química
3. Fenómenos de Transporte

4. Control y Dinámica de Sistemas
5. Economía
6. Disciplinas complementarias: Ciencias de los Materiales, Biotecnología, Tecnología de los Alimentos, Electrotecnia, Termotecnia, Tecnología del Medio Ambiente, Diseño Asistido por Ordenador, etc.

Una estructura similar a la comentada fue ya propuesta en 1977 por Aris<sup>68</sup>, quien la representó en la forma del árbol mostrado en la figura 1.4. Las raíces son las Ciencias Básicas que lo soportan (Matemáticas, Física, Química y Biología), el tronco lo constituyen las Ciencias de la Ingeniería Química (Transferencia de Materia, Transferencia de Calor, Mecánica de Fluidos, Cinética, Catálisis, etc.) y las ramas se corresponden con las diferentes partes en las que se ha subdividido la Ingeniería Química (Operaciones Unitarias, Ingeniería de la Reacción Química, Química Industrial, etc.) que a su vez se subdividen, cada vez con mayor grado de especialización.

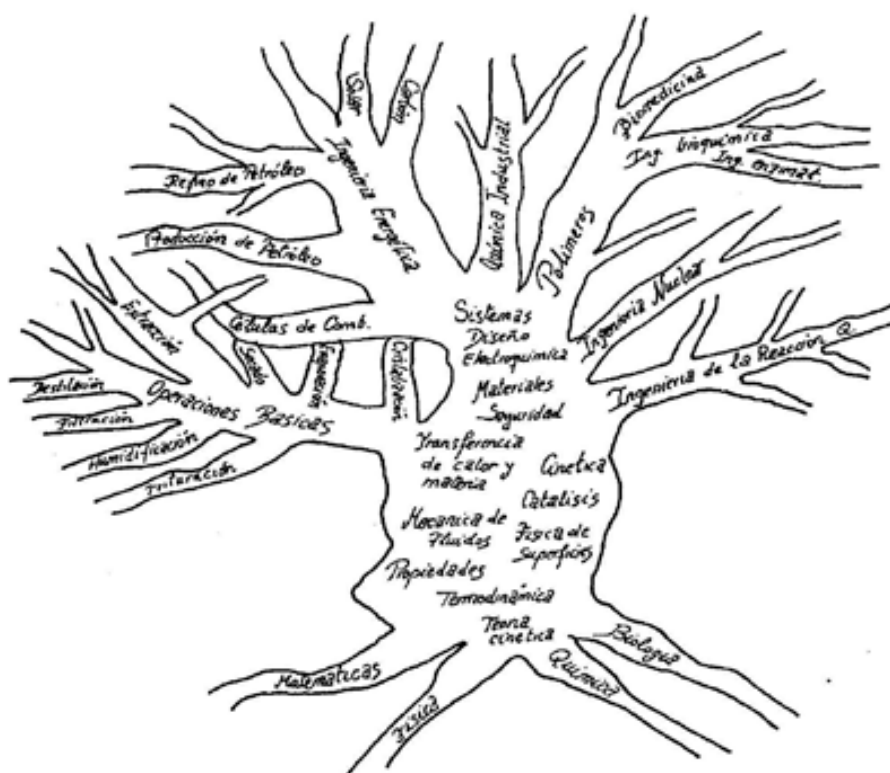


Figura 1.4. Árbol estructural de la Ingeniería Química según Aris

<sup>68</sup> Aris, R. (1977) Academic Chemical Engineering in an Historical Perspective. Ind. Eng. Chem. Fundamentals, 16, p1.

## 1.2.3 Evolución histórica

### 1.2.3.1. Antecedentes

Desde sus orígenes, el hombre ha tenido que cubrir una serie de necesidades que les han obligado a transformar los productos que la naturaleza le ofrecía. Estas necesidades se han incrementado a lo largo de su historia, ya que, a medida que se satisfacían unas, aparecían otras nuevas. Esto ha traído consigo que el grado de transformación de los productos naturales haya sido cada vez mayor y más complejo.

La práctica de operaciones y procedimientos que hoy forman la ingeniería química vienen desde tiempos remotos y ha ido evolucionando en función de las necesidades históricas y del avance de los conocimientos tanto científicos como tecnológicos.

El descubrimiento del fuego origina la aplicación de las primeras operaciones de proceso a las necesidades humanas (alimentación, vivienda, vestido, transporte, etc.).

De entre las operaciones de proceso, fue quizás la filtración la primera en ser utilizada por el hombre, pues existen pruebas documentales de su utilización 5000 años a.C., en el antiguo Egipto<sup>69</sup>. Otros procesos conocidos ya en la antigüedad son: la fermentación para la obtención del vino; la obtención de materiales cerámicos; la obtención de tintes; la metalurgia del cobre y la obtención de sal común mediante evaporación del agua de mar por energía solar<sup>70</sup>.

1500 a.C. aproximadamente se fundía hierro a partir de la pirita. Tuvieron que surgir nuevas ideas ya que los hornos de leña no bastaban para poder obtener hierro en cantidad suficiente: el carbón de leña y la mejora del tiro de los hornos posibilitaron dar soluciones. Pero este conocimiento era puramente artesanal, situación que perdura con pocos cambios en los siglos posteriores.

---

<sup>69</sup> Singer, C., Holmyard, E.J. y Hall, A.P. (1955), *History of Technology*. Londres: Ed. Clarendon Press.

<sup>70</sup> Ingeniería Química.net: el portal de los ingenieros químicos en español. [En línea]. Disponible en: <http://www.ingenieriaquimica.net/introduccion> [consulta: marzo 2012].

Allá por el año 200 a.C. se encuentra ya una referencia al término “ingeniería” en Tertuliano<sup>71</sup>. Éste utilizó la palabra *ingenium* para referirse a cierta máquina bélica aunque, por supuesto, rudimentaria. Así, el término ingeniería nace con un marcado carácter militar. Otros datos y fechas -aproximadas- que se pueden mencionar y que pueden servirnos como referencia son las siguientes:

- los romanos construyeron complejas redes para el transporte del agua: sus aportaciones tenía ya un nivel tecnológico
- aún en la Edad Media, la tecnología química sigue en fase artesanal. La incorporación de ideas y conocimientos tecnológicos tanto del mundo romano como griego se hace con la expansión de los pueblos árabes. En esta época los alquimistas cumplen un papel importante con sus descubrimientos químicos mediante el desarrollo de técnicas rudimentarias de destilación, sublimación y cristalización. A modo de ejemplo, en la figura 1.5 se muestra un dibujo de un *equipo de destilación en el Renacimiento*<sup>72,73</sup>



Figura 1.5 Equipo de destilación en el Renacimiento

Durante los siglos XVI y XVII y hasta el comienzo de la revolución industrial se da un cambio significativo en muchos aspectos:

<sup>71</sup> Universidad de Almería. Departamento de Ingeniería Química. [Documento en línea]. <http://www.ual.es/Universidad/Depar/IngQuimi/contenido/IngenieriaQuimica.htm> [consulta: septiembre 2007].

<sup>72</sup> French, J., *The Art of Distillation*, London, 1651.

<sup>73</sup> Fuente: The Alchemy web site. [En línea]. Disponible en: [http://www.levity.com/alchemy/jfren\\_ar.html](http://www.levity.com/alchemy/jfren_ar.html). [consulta: enero 2012].

- se busca la explicación de los hechos en base a una relación causa-efecto, lo que conduce al establecimiento de una nueva metodología científica en la que se imponen los criterios de observación, experimentación y modelización matemática.
- por otro lado la artesanía va dando paso progresivamente a una industria incipiente.

En esta época existen datos documentados en tratados técnicos, como:

- Gregorius Agrícola (Georg Bauer) nos proporciona una recopilación de la “tecnología medieval” en su libro **De Re Metallica**, publicado en el año 1556. En él describe operaciones de flujo de fluidos, reducción de tamaño y clasificación de partículas, evaporación y cristalización, aplicadas a la obtención de sal a partir de agua de mar y expone todos los conocimientos metalúrgicos de la época. En la siguiente figura muestra la portada del libro de Agrícola (fig 1.6).
- Casi a la vez, Braunschweig publica dos volúmenes titulados “**Liber de Arte Distillandi de Simplicibus**” y “**Liber de Arte Distillandi Compositis**” con abundantes ilustraciones sobre la práctica de la destilación. Estos volúmenes fueron utilizados como guías durante siglos.
- “**Pirotechnia**” de Biringuccio (1480-1539), describe detalladamente un conjunto de operaciones básicas y procesos aplicados a la minería, fundición, cerámica y explosivos.

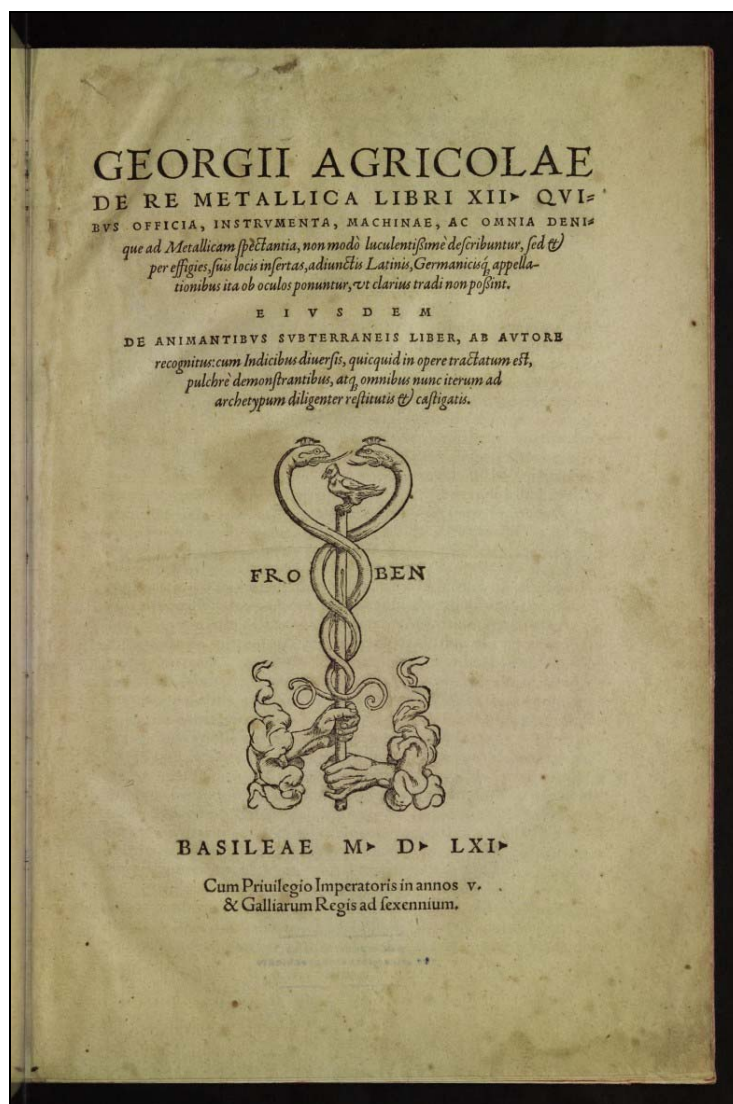


Figura 1.6. Portada de libro de Gregorius Agrícola “De Re Metallica” (1556)<sup>74</sup>

En este período, se fundaron importantes sociedades científicas como la “Royal Society” en 1660 en Londres y la “Académie des Sciences” en 1666 en París. Destacan científicos como Galileo (1569-1642) y Newton (1642-1727) establecen leyes fundamentales de mecánica; Bacon y Descartes (1596-1650) introducen las bases del método científico; Boyle (1627-1691) que con la obra “The Skeptical Chymist” marca de forma clara la ruptura con la alquimia.

<sup>74</sup> Fuente: Alemania. Max Planck Institute for the History of Science. [En línea]. Disponible en: <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/en/resources/library.html> [consulta: abril 2012]



En relación a instituciones de enseñanza merece la pena mencionar:

- la Universidad Politécnica de Berlín que nace en 1789
- por la misma época, se crea en Francia “L’Ecole Polytechnique” (1794), con el objetivo de formar “genie civile”: ingenieros con formación cuidada
- en España se crea la primera Escuela Civil Española de Ingenieros de Minas, fundada en Almadén en 1767 y en 1833 el Cuerpo de Ingenieros de Minas
- en 1828 la “Institution of Civil Engineers” de Londres presenta en sus estatutos una definición precisa de la ingeniería civil, consolidando así estos profesionales su “status” profesional.

Mientras tanto ya estaba en plena vigencia el proceso de la revolución Industrial la cual, se caracteriza por la aplicación de la máquina a la industria en gran escala, el perfeccionamiento de la máquina de vapor y la expansión de la industria del hierro.

### 1.2.3.2. Origen y Evolución como disciplina<sup>75</sup>

La Ingeniería Química emergió a partir de otras ciencias e ingenierías afines, de las cuales se diferenció hasta alcanzar su propia identidad. Así, como se ha relatado anteriormente, aunque existen indicios que muestran, desde tiempos muy remotos, la práctica de operaciones y procedimientos que hoy día caracterizan la Ingeniería Química no puede hablarse de Ingeniería Química como disciplina independiente y con personalidad propia hasta el siglo XIX, cuando se produce la Revolución Industrial y se establecen las bases de la Industria Química moderna<sup>76</sup>. A partir de entonces la evolución de la Ingeniería Química responde a la necesidad de articular leyes y principios, desarrollar conceptos y métodos y, en definitiva, ordenar conocimientos que permitan comprender y resolver los problemas que se plantean en la actividad de la Industria Química.

La revolución industrial, cuyos orígenes se sitúan en Inglaterra hacia 1850, provoca grandes cambios tecnológicos y económicos en aquellos países en los que tiene lugar. Las fuerzas económicas, políticas, religiosas, científicas e intelectuales promueven los cambios necesarios, que constituyen la base del desarrollo del mundo

---

<sup>75</sup> Fuente: Proyectos Docentes de profesores del Área de Ingeniería Química de la Universidad de Extremadura y, principalmente de González Montero, T (2002) y González Lena, MA (2011), *op. cit.*

<sup>76</sup> Peppas, N.A. (1989). *One Hundred Years of Chemical Engineering*. Boston: Kluwer Academic Publishers

actual<sup>77</sup>. Hay múltiples factores que dan lugar a la revolución industrial y, entre ellos, se pueden destacar:

- la utilización de maquinaria movida a motor en los procesos de fabricación
- la producción más eficaz de carbón, hierro y acero
- la construcción del ferrocarril y de otros sistemas de comunicación
- la expansión de la banca y de las posibilidades crediticias.

La revolución industrial provoca la masificación de la producción industrial y el creciente predominio de la ciencia como fundamento de la industria. En este marco, la industria química no fue una excepción, debido a la gran demanda de materias primas que se originó y al estímulo que supuso el crecimiento de la población y la creciente necesidad de alimentos para la aparición nuevas industrias.

Así nace y crece una industria química pesada. Los técnicos que dirigían estas plantas eran los llamados “químicos industriales” los cuales contaban con una formación que combinaba elementos de química y de ingeniería mecánica. Así, al establecerse las bases de la Moderna Industria Química aparece, con personalidad propia la Ingeniería Química<sup>78</sup>.

De esta manera se llega a la Primera Guerra Mundial en la que la necesidad de trabajar con una mayor eficiencia generó la necesidad de racionalizar las distintas operaciones de fabricación, creando con ello un cambio propicio para el nacimiento de una nueva expresión de la ciencia y la tecnología: la Ingeniería Química<sup>79</sup>.

La evolución de la IQ como disciplina independiente responde a la necesidad de articular leyes y principios, desarrollar conceptos y métodos y, en definitiva, ordenar conocimientos que permitan comprender y resolver los problemas que se plantean como consecuencia de la actividad de la Industria Química cuya complejidad aumenta a medida que lo hace su incidencia económica y social.

A continuación se pasa revista a los diferentes períodos en los que tradicionalmente se ha dividido el desarrollo de la IQ, para lo cual nos basamos en la

---

<sup>77</sup> Coca Prados, J. (2000), La ingeniería química en la interfase del siglo XXI, *Ingeniería Química*, (367), 135.

<sup>78</sup> Peppas, *op. cit*

<sup>79</sup> Universidad de Almería. Departamento de Ingeniería Química. Página citada.

forma seguida en la memoria del proyecto docente de la profesora de la Dra. D<sup>a</sup> Teresa González Montero para la plaza de Prof. Titular de Universidad, el cual lo subdivide en períodos<sup>80</sup>, y en el documento del Prof. Roberto Rosal<sup>81</sup> del Área de Ingeniería Química de la Universidad de Alcalá, de la forma que sigue:

### 1. Periodo de formación de la disciplina (hasta 1925)

Como se ha comentado anteriormente, existe evidencia documental del empleo de operaciones típicas de la Ingeniería Química desde tiempos muy remotos. Sin embargo, la Ingeniería Química no comienza a emerger como disciplina independiente en Europa hasta el siglo XIX, cuando se desarrollaron operaciones y procedimientos basados en los métodos característicos de esta disciplina.

De esta forma, aparece, por primera vez, la utilización del término “Ingeniería Química” en el *Dictionary of Arts, Manufacturing and Mines* para representar a un ingeniero asociado a los procesos químicos. Por otro lado, **G.E. Davies** intenta establecer una sociedad de ingenieros químicos *Society of Chemical Engineers* en 1880, intento que fracasó pero fue el punto de partida para la organización de la ingeniería química como disciplina.

A pesar de todas las reticencias, por esta época se comienzan a impartir los primeros cursos sobre IQ en Inglaterra. Los pioneros de esta materia fueron el profesor H.E. Armstrong en el *Imperial College* de Londres (1885) y el profesor G.E. Davies en el *Manchester Technical School* (1888). Davies desarrolla un curso de doce lecciones de IQ que fueron publicadas en *Chemical Trade Journal* y en 1901 publica un libro en dos tomos titulado *Handbook of Chemical Engineering* (es aquí donde se suele situar el origen de la ingeniería química). Pocos años después, 1904, se publica la segunda edición del mismo manual en la que Davies comenta:

...”aunque el ingeniero químico debe poseer un conocimiento casi perfecto de la química aplicada, no se debe olvidar que su misión fundamental es la de adecuar, construir y mantener una serie de equipos para la realización de ciertas operaciones industriales”

---

<sup>80</sup> Furter, W.F. (1980), History of chemical engineering: based on a symposium cosponsored by the ACS Divisions of History of Chemistry and Industrial and Engineering Chemistry at the ACS/CSJ Chemical Congress, Honolulu, Hawaii, April 2-6, 1979. Washington : American Chemical Society, ISBN 0-8412-512-4

<sup>81</sup> Rosal, *op. cit.*

Pero, y sin despreciar las contribuciones europeas a la Ingeniería Química, es en los EEUU donde se da el impulso definitivo a la nueva disciplina. Así, en 1888 el profesor Lewis Mills **Norton** organiza el primer curso de Ingeniería Química, *Course Ten*, en el departamento de Química del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en Boston. El curso era básicamente descriptivo de los principales procesos comerciales de fabricación y correspondería a lo que se llama Química Industrial. La importancia de Norton radica en la formación de un grupo muy activo de ingenieros químicos en el M.I.T. el cual estaba formado por A.A. Noyes, W.H. Walker, A.D. Little, W.K. Lewis y W. McAdams, entre otros. Todos ellos marcaron el inicio del sistema norteamericano de educación de la Ingeniería Química.

Con rapidez y con poca diferencia en el tiempo se fundaron los primeros Departamentos de Ingeniería Química en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (1888), y en las universidades de Pennsylvania (1892), Tulane (1894) y Michigan (1898).

Tras la fundación en Inglaterra de la *Society of Chemical Industry* (1891), se establece en 1908 la primera sociedad profesional específica de los ingenieros químicos: el *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE)<sup>82-83</sup>. Este instituto nace con el objeto de impulsar, apoyar y facilitar la comunicación entre los ingenieros químicos y contribuyó de forma decisiva al desarrollo de la IQ en EEUU. Similar a la AIChE se fundó en Gran Bretaña en 1922 la *Institution of Chemical Engineers* que abarcan aún hoy las actividades en el continente Australiano. En Canadá la ingeniería química tiene su propia sociedad profesional: el *Chemical Institute of Canadá*. Hay que destacar la actividad de la poderosa *American Chemical Society* que se extiende a la ingeniería química en lo que respecta a publicaciones y a organizaciones de simposios pero no como representante de un cuerpo de profesionales, labor que desempeña el AIChE.

El final de este periodo se caracteriza por una gran diversificación de la Industria Química y obliga a un cambio en la enseñanza: de una específica para cada tipo de industria a un tratamiento más sistemático y generalizado. Contribución de gran importancia en este sentido fue la introducción del concepto de Operación Básica o unitaria por Little en el MIT en 1915.

---

<sup>82</sup> Institución en la que se agrupan más del 60% de los ingenieros químicos de todo el mundo.

<sup>83</sup> Ha de señalarse que en Estados Unidos el 65% de los departamentos de IQ tuvo sus orígenes en los departamentos de química, el 15% procedía de otros departamentos, y el 20% fueron de creación independiente (Coca Prados, *op. cit*).

Textos específicos sobre ingeniería química con esta orientación y que aparecen al final de este periodo son:

- *Principles of Chemical Engineering*, de Walter, Lewis y Mc Adams (1923). Este libro de texto de operaciones básicas explicaba el diseño racional y cuantitativo de quipos de ingeniería química.
- *Elements of Chemical Engineering*, de Badger y McCabe, 1927.

A partir de aquí la ingeniería química *deja de ser un arte descriptivo* y se constituye en una materia independiente, adquiriendo el carácter científico y tecnológico actual.

## 2. Periodo clásico o ingenieril (1925-1950)

Durante este periodo cobra gran importancia el estudio de las operaciones básicas, introducido en el período anterior, estableciéndose sus principios teóricos. En objetivo de la industria química de esta época era lograr mejores rendimientos de las plantas de producción, para lo cual los ingenieros químicos se vieron también obligados a aplicar diferentes materias como la termodinámica y la cinética química a los procesos industriales con el objeto de obtener datos físicos y químicos necesarios para un buen diseño de los equipos.

Textos que plantean esta nueva visión más cuantitativa de la IQ - los más destacados- son:

- ☀ *Industrial Chemical Calculations*, de Hougen y Watson (1931)
- ☀ *Chemical Process Principles*, de los mismos autores (1943)
- ☀ *Chemical Engineering Thermodynamics*, de Dodge (1944)
- ☀ Destacar, de manera especial, el compendio de Ingeniería Química y auxiliares, publicado por Perry en 1934: *Handbook of Chemical Engineer's*, cuyas ediciones se suceden hasta la actualidad.
- ☀ En 1947, con el tercer tomo *Kinetics and Catalysis*, de la obra de Hougen y Watson *Chemical Process Principles*, se inicia el desarrollo de la Cinética Química Aplicada<sup>84</sup>.

---

<sup>84</sup> Parte de la ingeniería química que, además de los aspectos teóricos que rigen la velocidad de reacción y el equilibrio químico, aborda el estudio de las características de los reactores reales, permitiendo el desarrollo de métodos más reales de diseño.

En este periodo se introduce también la enseñanza de temas relacionados con la Instrumentación y el Control de Procesos, que cobrarían una creciente importancia con el paso del tiempo.

### **3. Periodo de transición o generalización (1950-1960)**

Se profundiza en el estudio de las Operaciones Básicas y una tendencia a la generalización en el estudio de las mismas. Este primer intento de sistematización se observa en el libro de Brown, *Unit Operations*, publicado en 1950 y en el que se agrupan estas operaciones básicas en bloques.

Esto se evidencia en obras posteriores como:

- el *Chemical Engineering*, de Coulson y Richardson, publicado en 1954,
- *Unit Operations for Chemical Engineering*, de McCabe y Smith (1956),
- y particularmente en *Principles of Unit Operations*, de Foust y col., publicada en 1960 y que se considera una de las obras más avanzadas de su época con esta nueva concepción de la Ingeniería Química.

En el año 1957 se celebra en Amsterdam del 1<sup>er</sup> Simposio sobre Ingeniería de la Reacción Química en cuyas actas se recogen el concepto de la Ingeniería de la Reacción Química (IRQ)<sup>85</sup>. Obras como *Chemical Engineering Kinetics*, de J.M. Smith, y *Reaction Kinetics for Chemical Engineers*, de Walas, publicadas en 1956 y 1959, respectivamente, contribuyeron a una rápida implantación de la IRQ en los planes de estudios de las universidades más prestigiosas.

A lo largo de los años 50, el incremento en el coste de la mano de obra y el desarrollo de equipos de gran tamaño determinaron la necesidad de automatizar las plantas de producción. También en esta década se demostró que las técnicas clásicas de mecánica no lineal no eran aplicables al estudio de la estabilidad y control de reactores químicos. Por ello, la atención que hasta entonces se había concentrado en el control de las variables de proceso se extendió al control de equipos. Así surge otra importante parcela de la Ingeniería Química, conocida como Dinámica de Procesos,

---

<sup>85</sup> “La Ingeniería de la Reacción Química constituye una rama de la Ingeniería Química, todavía en estado de desarrollo, que tiene por objeto el diseño de reactores y el control de reacciones químicas a escala industrial. Numerosos factores tales como flujo de fluidos, transferencia de calor y materia y cinética química juegan un papel importante”.

cuyo objetivo es el estudio de los sistemas en estado no estacionario (Sistemas Dinámicos).

#### **4. Periodo abstractivo o científico (1960-1970)**

La publicación en 1960 del texto *Transport Phenomena*, de R.B. Bird, E.N. Lightfoot y W.E. Steward, constituye un gran hito en la tendencia a la generalización en el estudio de las Operaciones Básicas, iniciada en el período anterior. Es la obra de Ingeniería Química traducida a un mayor número de idiomas, siendo el español el primero que se tradujo por el profesor Fidel Mato. A partir de esta publicación la IQ consigue la categoría de *ciencia aplicada*<sup>86</sup>. Posteriormente surgen obras nuevas en la misma línea: *Heat, Mass and Momentum Transfer* de Rosenhow y Choi (1961) y *Momentum, Heat and Mass Transfer* de Bennet y Myers (1962). A partir de esta década los cursos de Operaciones Básicas empiezan a ser sustituidos por los de Fenómenos de Transporte, de forma que al final de la misma se les considera como una materia independiente obligada en los planes de estudio de Ingeniería Química.

Durante este periodo se produce también un importante avance en la Ingeniería de la Reacción Química, publicándose textos como: *Chemical Reaction Engineering* de Levenspiel (1962), *Chemical Reactor Analysis* de Aris (1969) y *Stability of Chemical Reactors* de Perlmutter (1972).

Como consecuencia de todo lo anterior, la Ingeniería Química se desarrolla extraordinariamente posibilitándose el estudio analítico de sistema de gran complejidad. Al final de este periodo aparece la obra *Process Analysis and Simulation* de Himmelblau y Bischoff, publicada en 1968 y que constituye una de las aportaciones más importantes de la Ingeniería Química en el campo del Análisis y Simulación de Procesos.

---

<sup>86</sup> Aunque es un aspecto que genera debate entre los propios científicos, se llama aplicada a la ciencia que tiene como objetivo la obtención de una aplicación (tecnología, vacuna, solución a un problema) en un plazo de tiempo y básica a la que tiene como objeto ampliar el conocimiento sobre un tema aunque, a veces, ciencia que es inicialmente básica se va convirtiendo poco a poco en aplicada según crece el conocimiento sobre el tema en cuestión (Contrera Moreiras, Bruno. ¿Para qué sirve la ciencia? [En línea]. Disponible en: [http://uxmal.cifn.unam.mx/~contrera/utilidad\\_ciencia/node10.html](http://uxmal.cifn.unam.mx/~contrera/utilidad_ciencia/node10.html) [consulta: enero 2012].

También se observa un creciente interés por la Estrategia de Procesos<sup>87</sup>. Por ello crece la importancia de los aspectos relacionados con la economía y la producción. Como ejemplos se pueden citar obras como *Strategy of process Engineering* de Rudd y Watson (1968); *Optimization: Theory and Practice* de Beveridge (1970), en las que se utilizan las técnicas de la Ingeniería de Sistemas al diseño de plantas químicas.

### 5. Periodo interdisciplinar (1970-...)

A partir de la década de los setenta con el creciente desarrollo de los ordenadores, se incrementa la integración de los Fenómenos de Transporte en la IRQ. Obras típicas de este período son:

- *Chemical Reaction Analysis Design*, publicada en 1979 por Froment y Bischoff
- *Heterogeneous Reaction Analysis, Examples and Reaction Design* de Doraiswamy y Sharma (1984)
- *Chemical Reactions and Reactor Engineering* de Carberry Varma (1987).

También continúa el desarrollo de la Estrategia y Optimización de Procesos, apareciendo libros como:

- *Process Analysis and Design for Chemical Engineers*, de Resnick (1981)
- *A Guide to Chemical Engineering Process Design*, de Ulrich (1984)
- *The Art of Chemical Process Design*, de Wells y Rose (1986)

Por otra parte, a comienzos de este período, la IQ ha de dar respuesta a una serie de estímulos que provienen de ámbitos diferentes a los suyos habituales. Ello se debe a una serie de factores entre los que se pueden destacar:

- Se toma conciencia de la posibilidad de agotamiento de las fuentes de energía tradicionales y, por tanto, la necesidad del desarrollo de fuentes de energías alternativas y renovables.

---

<sup>87</sup> Estrategia de Procesos: se centra en el análisis, diseño y operación de las diferentes unidades individuales como integrantes de un conjunto, cuyo funcionamiento global ha de ser óptimo desde el punto de vista empresarial.



- Un incremento de la contaminación ambiental que va unido a una mayor sensibilidad de la sociedad por los temas relacionados con el Medio Ambiente.
- Necesidad de reciclar los materiales contenidos en los residuos, no solo para evitar su impacto ambiental, sino para disminuir el ritmo de consumo de materias primas.
- Necesidad de mejorar los procesos de la Industria Alimentaria ante una legislación cada vez más restrictiva.
- Espectaculares avances en los campos de la Biología y Bioquímica.
- Necesidad del desarrollo de nuevos materiales y de productos químicos de gran valor añadido (*Fine Chemicals*).

Se ha pasado revista al desarrollo histórico de la Ingeniería Química, siguiendo el esquema de algunas memorias de Proyectos Docentes de profesores de IQ, pero otros autores dividen estos períodos de la historia de la IQ de forma distinta; por ejemplo, para el profesor Hougen<sup>88</sup> la IQ, en su desarrollo histórico, ha tenido tres períodos bien definidos -que de forma esquemática resumen toda la evolución vista anteriormente- que son:

1. Período de la Química Industrial (1890-1940)
2. Período de las operaciones básicas (1915-1950)
3. Período de las ciencias de la Ingeniería Química (desde 1950).

En la tabla 1.1, se muestran las fechas claves en el desarrollo de la disciplina<sup>89</sup>:

---

<sup>88</sup> Coca Prados, (2000) *op. cit.*

<sup>89</sup> *Ibidem*

**Tabla 1.1. Fechas en el desarrollo histórico de la Ingeniería Química**

<b>1880:</b> G.E. Davis (Manchester, GB) da nombre a la Ingeniería Química
<b>1888:</b> Se crea el departamento de Ingeniería Química en el MIT
<b>1901:</b> G.E. Davis publica su libro <i>Handbook of Chemical Engineering</i>
<b>1923:</b> Walker, Lewis y McAdams publican la obra <i>Principles of Chemical Engineering</i>
<b>1924:</b> W.K. Lewis y W. Whitman publican la teoría de la película
<b>1935:</b> Groggins publica su libro <i>Unit Processes in Organic Synthesis</i>
<b>1957:</b> La Ingeniería de las Reacciones Química inicia su desarrollo independiente

Por todo ello, la Ingeniería Química se ve obligada a proyectarse hacia otras disciplinas, lo que se traduce en el importante papel que juegan los ingenieros químicos, tanto a nivel de investigación como de producción, en campos tan variados como Tecnología de los alimentos, Ingeniería de polímeros, Tecnología del medio ambiente, Tecnología cerámica, Ingeniería bioquímica, etc. La sólida preparación científica y la versatilidad de los ingenieros químicos, que permiten la aplicación de conceptos genéricos a campos muy variados, han contribuido al éxito logrado por estos profesionales en las comentadas aplicaciones interdisciplinares<sup>90</sup>.

### 1.2.3.3 Evolución reciente

En los últimos años la Ingeniería Química ha sufrido una rápida evolución y diversificación, muestra evidente de su gran vitalidad. Así, la situación actual de la Ingeniería Química puede catalogarse como de desplazamiento de su campo de actuación desde los clásicos procesos químicos hacia los nuevos sectores de aplicación, consecuencia del incremento de su carácter interdisciplinar. Todo ello ha obligado a los ingenieros químicos a internarse en una gran variedad de campos, para lo cual ha tenido que implementar su formación, encontrando nuevas y excitantes oportunidades profesionales en ciertas áreas emergentes como la bioingeniería, procesado de materiales avanzados y materiales electrónicos y fotoquímicos, etc.

<sup>90</sup> López Mateos, F. (1999), La industria química en el tercer decenio de la Ingeniería Químicas, *Ingeniería Química*, (361), p. 157.

Esta diversificación ha venido impuesta por la necesidad de la IQ de afrontar una amplia gama de problemas nuevos y complejos y nuevas herramientas, y la interdisciplinariedad está llegando a todas las ramas del conocimiento y así, ya no existen fronteras discretas entre ciencias como Química, Física y Biología<sup>91</sup>. Mashelkar sostiene que la comercialización con éxito de un descubrimiento científico de hoy exige la colaboración interdisciplinar entre científicos e ingenieros de distintas disciplinas y pone énfasis en un problema bien conocido que se asocia a la interdisciplinariedad: la dificultad para el reconocimiento de logros en las áreas frontera debido a la resistencia de los profesionales *clásicos* de los campos en interrelación<sup>92</sup>. Por ello ha de resaltarse la importancia de que el ingeniero químico mantenga la capacidad de liderar a un conjunto diverso de ingenieros y científicos con distinta formación básica que manejen problemas de forma colectiva, atravesando las fronteras que imponen las disciplinas tradicionales<sup>93</sup>.

En este sentido, hoy se espera que los ingenieros químicos sean flexibles en cuanto a sus capacidades, e interaccionen con clientes y científicos de campos muy diversos. Ello no es un problema ya que los ingenieros químicos se adaptan bien al trabajo multidisciplinar debido a su formación y conocimiento del lenguaje de otras disciplinas. Así pues, el ingeniero químico del futuro será tanto más valioso cuanto más ayude o sea capaz de ayudar a otras disciplinas a resolver problemas y el futuro de la Ingeniería Química depende por tanto de la evolución de las necesidades sociales que debe afrontar.

En relación a las nuevas herramientas y nuevas tecnologías los aspectos más importantes<sup>94</sup> para los ingenieros químicos en todos los campos de la disciplina, son: entre las nuevas herramientas, el ordenador y todo su campo de influencia como el principal instrumento de desarrollo en Ingeniería Química. Entre las aplicaciones se podrían citar la simulación molecular, los sistemas expertos, la modelización dinámica de sistemas, la aplicación de redes neuronales y herramientas de análisis on-line. En cuanto a las nuevas tecnologías destaca las operaciones híbridas, la Ingeniería bioquímica y el desarrollo de nuevos materiales.

Por todo ello la IQ se ve obligada a proyectarse hacia otras disciplinas, lo que se traduce en el importante papel que juegan los ingenieros químicos, tanto a nivel de

---

<sup>91</sup> Mashelkar, R.A., (1991). Seamless Chemical Engineering Science: the Emerging Paradigm, *Chem. Eng. Sci.*, 50, 1.

<sup>92</sup> Rosal, *op. cit.*

<sup>93</sup> Durrell, W.S. (1991), The Industrial Chemist of the 90's, *Chemtech*, 6, 332. [Citado en: Rosal, *op. cit.*]

<sup>94</sup> Fuente: Universidad de Almería, *loc. cit.*

investigación como de producción. La sólida preparación científica y la versatilidad de los ingenieros químicos, que permiten la aplicación de conceptos genéricos a campos muy variados, han contribuido al éxito logrado por estos profesionales en las comentadas aplicaciones interdisciplinares<sup>95</sup>

Así, la situación actual de la IQ puede catalogarse como desplazamiento de su campo de actuación desde los clásicos procesos químicos hacia los nuevos sectores de aplicación, consecuencia del incremento de su carácter interdisciplinar. Por lo tanto, la evolución de la IQ ha de estar estrechamente ligada a la apertura de nuevas posibilidades de aplicación.

De esta forma, en los últimos años se ha venido observando una creciente inquietud sobre la evolución futura de la IQ a fin de poder responder a las nuevas necesidades de la sociedad<sup>96;97</sup>. Así, diferentes organismos han tratado de establecer las áreas de actuación de la IQ, Entre los informes realizados se pueden destacar los que se presentan en la tabla 1.2, de los cuales se mencionan los datos más relevantes:

<b>Tabla 1.2. Principales informes realizados sobre tendencias de la IQ.</b>
1) Informe de la Chemical Industries Association de Reino Unido (1986)
2) Informe del Comité de Nuevas Tecnologías de la AIChE (1986)
3) Informe Amundson (1988)
4) Conferencia Estados Unidos-India (1988)
5) Informe del Comité de Química de la Unión Europea (1989)
6) Congreso Mundial de Ingeniería Química (1991)

<sup>95</sup> López Mateos, F. (1999), La industria química en el tercer decenio de Ingeniería Química, *Ingeniería Química*, (361), p. 157.

<sup>96</sup> Asinov, I. (1988), The future of Chemical Engineering, *Chem. Eng. Prog.*, 84 (1), p. 83. [Citado en: González Montero, *op. cit.*].

<sup>97</sup> Coca Prados, (2000), *op. cit.*

### 1) Informe de la Chemical Industries Association de Reino Unido (1986)

En las conclusiones redactadas por este Comité se definieron las áreas prioritarias de investigación para la IQ:

- Electrónica y Óptica Electrónica
- Materiales avanzados: Polímeros, cerámicos y compuestos
- Cuidado de la Salud: Tecnologías Bioquímica y Biomédica
- Aplicaciones de la biotecnología en agricultura y alimentación
- Seguridad y Control del Medio Ambiente
- Áreas complementarias de apoyo a la Ciencia y a la Tecnología: Ciencia de las Superficies, Física Aplicada, Técnicas Analíticas Avanzadas.

### 2) Informe del Comité de Nuevas Tecnologías de la AIChE (1986)

Este comité estableció, en su momento, como áreas más prometedoras para la IQ las siguientes:

- Procesado de materiales electrónicos
- Materiales avanzados (polímeros, cerámicos, metálicos, etc.)
- Sistemas espaciales y de producción de armas de guerra
- Biotecnología e industria alimentaria
- Higiene y Seguridad
- Protección del Medio Ambiente
- Sistemas energéticos
- Manejo, movimiento y envasado de materiales
- Modelado e Ingeniería de Procesos
- Instrumentación y Control
- Sistemas de información

### 3) Informe Amundson (1988)

En 1988, se redacta el Informe Amundson. Con este nombre se conoce el informe encargado por el Comité Nacional de Investigación de los Estados Unidos (*National Research Council -NRC-*) en el que se resumen las conclusiones de tres años de trabajo de un grupo formado por treinta y dos especialistas procedentes de la

industria, la enseñanza y la administración. Este estudio titulado *Chemical Engineering Frontiers: Research Needs and Opportunities* es el primero que el NRC dedica a una disciplina de carácter ingenieril y se considera como un complemento al publicado dos años antes con el nombre de *Opportunities in Chemistry*, conocido como informe Pimentel.

El informe se centra en la industria e investigación en los EEUU y, en palabras del propio Amundson, fue diseñado [...] *para explorar las fronteras que han aparecido o están emergiendo en la Ingeniería Química y las oportunidades que ellas representan para satisfacer las necesidades sociales* [...]. Neal R. Amundson y colaboradores señalaban, en estas fechas, que “en los próximos diez o quince años, la Ingeniería Química se verá envuelta en la realización de retos que abarcan un amplio abanico de disciplinas intelectuales y escalas, desde la molecular a la planetaria, y los ingenieros químicos, con su fuerte base en ciencias moleculares, serán los investigadores interfase capaces de tender el puente entre ciencia e ingeniería en ambientes multidisciplinares donde se pondrá en marcha todo un abanico de nuevas tecnologías” y predecían “una confluencia de avances intelectuales, retos tecnológicos y tendencias económicas que conformarán un nuevo modelo de lo que será la IQ y la labor del ingeniero químico”<sup>98</sup>

Dichas fronteras se clasifican en cuatro grupos:

- Iniciación de nuevas tecnologías
- Mantenimiento del liderazgo en tecnologías convencionales
- Protección y mejora del Medio Ambiente
- Desarrollo de conocimientos sistemáticos y herramientas genéricas.

En la tabla 1.3 se resumen los campos de investigación priorizados en el informe Amundson en cada una de las fronteras:

---

<sup>98</sup> Amundson, N.R., et. al. (1988).. (Commettee on Chemical Engineering Frontiers: Research Needs and Opportunities), *Frontiers in Chemical Engineering. Research Needs and Opportunities*, N. Winchester y R. Price Eds., Washington D.C.: National Academy Press.

**Tabla 1.3. Fronteras y campos prioritarios de investigación según el informe Amundson**

Fronteras	Campos de investigación prioritarios
I. Iniciación de Nuevas tecnologías	Biotecnología y medicina
	Electrónica, fotónica y materiales y dispositivos registradores.
	Materiales microestructurados
II. Mantenimiento del liderazgo en tecnologías convencionales	Procesado de recursos "in situ"
	Combustibles líquidos para el futuro
III. Protección y mejora del Medio Ambiente	Manipulación responsable de sustancias peligrosas
IV. Desarrollo de conocimientos sistemáticos y herramientas genéricas	Métodos de cálculo y control de procesos avanzados
	Ingeniería de superficies e interfacial

El informe Amundson puso de manifiesto que la IQ estaba experimentando sustanciales cambios, pero que sus actividades continuarían desarrollándose en la industria de los procesos químicos. De cualquier forma la IQ ha ido e irá cambiando para adaptarse a las nuevas necesidades, pero sin abandonar aquellas áreas que siempre la han caracterizado<sup>99</sup>. Bloch<sup>100</sup> señalaba que "se necesita una base vital en Química para estimular el futuro progreso de la IQ, del mismo modo que es vital una base en IQ para capitalizar los avances en Química, de forma que, el progreso de ambas depende del mantenimiento de esta larga tradición de cooperación".

#### 4) Conferencia Estados Unidos-India (1989)

El objetivo de esta conferencia fue discutir el efecto de las nuevas tecnologías sobre la docencia y la investigación en el campo de la IQ, proponiéndose como áreas de interés las que se resumen en la siguiente tabla<sup>101</sup> (tab. 1.4):

<sup>99</sup> Shinnar, R., (1991). The future of Chemical Engineering, *Chem. Eng. Prog.*, 87 (9), p. 80.

<sup>100</sup> Bloch, E. (1989), The role of Science and Technology in Shaping Tomorrow's Society, *Chem. Eng. Prog.*, 85 (8), p. 14.

<sup>101</sup> Ramkrishna y col., (1989), Chemical Engineering Curricula for the future: Syniopsis of Proceedings of an USA-India Conference, *Chem. Eng. Education*, 23 (3), p. 188.

Tabla 1.4 Áreas de interés propuestas en la Conferencia USA-India (1989)	
Biotecnología	Ingeniería de biorreactores
	Procesos de separación
	Ingeniería genética
	Salud
	Tratamiento de residuos
Ingeniería de Nuevos Materiales	Materiales electrónicos
	Cerámicos
	Materiales compuestos
	Catalizadores
	Polímeros
Nuevos Procesos de Separación	Adsorción
	Procesos con membranas

### 5) Informe del Comité de Química de la Unión Europea (1989)

Este informe<sup>102</sup> puso de manifiesto que la tecnología no puede desarrollarse en todo su potencial si no existen avances previos en las ciencias básicas. Por ello recomienda que la investigación se desenvuelva, no sólo en las nuevas aplicaciones multidisciplinares de la tecnología química, sino también en las ciencias fundamentales. A continuación se resumen las áreas de investigación recomendadas (tab 1.5):

<sup>102</sup> Rasine, L. (1990), Ciencia y Tecnología Químicas: Necesidades Europeas para los años 90, Química e Industria, 38, p.637.



**Tabla 1.5 Áreas de Investigación recomendadas por el Comité de Química de las Comunidades Europeas (1989)**

1. Materiales avanzados, renovables y productos ambientalmente favorables	Polímeros, fibras y materiales compuestos
	Materiales cerámicos y vidrios
	Metales y polvos metálicos
2. Un Medio Ambiente mejor: seguridad, higiene y control de la contaminación	Integración del control de la contaminación en el proceso productivo
	Recuperación total de los residuos
3. Comunicaciones y transportes eficientes	Desarrollo de nuevos motores de automoción de bajo consumo y menos contaminantes
	Combustibles no contaminantes
	Nuevos combustibles alternativos
	Catálisis para eliminación de contaminantes
4. Alimentos y Sanidad	Desarrollo de nuevos fármacos
	Desarrollo de nuevos productos agroquímicos
	Síntesis estereoespecífica
	Separación de isómeros ópticamente activos
5. Básica con amplias aplicaciones	Químico-física de sistemas complejos
	Métodos analíticos
	Catálisis homogénea y heterogénea
	Química coloidal aplicada
	Reacciones en estado sólido
	Nuevas técnicas de separación
	Caracterización mecánica de materiales avanzados

## 6) Congreso Mundial de Ingeniería Química (1991)

Con mayor realismo, el Fourth World Congress of Chemical Engineering. Strategies for 2000, celebrado en Karlsruhe en 1991, indicaba como áreas con mayor perspectiva de evolución para el fin de siglo:

- el desarrollo de modelos matemáticos adaptados a la potencia de los nuevos ordenadores,
- la modificación de procesos o productos basadas en consideraciones ambientales,

- el cambio las estimaciones económicas de rentabilidad al considerar en el análisis no sólo el coste de fabricación sino el ciclo completo de vida del productos incluyendo su utilización o reciclado, y
- la mejora de la intensidad energética de los procesos.

Todos estos son aspectos fácilmente reconocibles como básicos para la industria química de principios de este siglo.

Por último, hay que destacar que en el 6th Congreso Mundial de Ingeniería Química, celebrado en Melbourne (Australia) en enero de 2001, se redefinieron las funciones del Ingeniero Químico del siglo XX: *[...] el Ingeniero Químico debe utilizar los principios de la ciencia para desarrollar y proporcionar tecnologías que mejoren la calidad de vida de las personas en todo el mundo, promover el empleo, fomentar el avance económico y social, y proteger el medio ambiente a través del desarrollo sostenible. Para ello, el Ingeniero Químico realizará actividades muy diferentes como son el desarrollo de nuevos productos a partir de minerales, metales, cerámicas, polímeros, papel...; la producción y el procesado de alimentos; el tratamiento y la purificación de las aguas; el desarrollo de vacunas y productos farmacéuticos; y el desarrollo e impulso de la Biotecnología, las tecnologías de la información y de las fuentes de energía. El Ingeniero Químico debe comprometerse a diseñar nuevos productos y procesos, efectivos desde el punto de vista energético, y haciendo uso de forma racional de las escasas fuentes de energía. De la misma forma, los Ingenieros Químicos están obligados a eliminar los residuos y los efectos ambientales adversos que pudieran generarse en el desarrollo, manufactura y uso de los productos y procesos [...].*

La gran coincidencia entre las recomendaciones y conclusiones de los diferentes comités, evidenciaba la existencia de unas líneas claras a las que debería orientarse el desarrollo de la IQ. Por tanto, el futuro de la Ingeniería Química depende de la evolución de las necesidades sociales que debe afrontar. Para Bodman<sup>103</sup>, *[...] no hay seguridad automática de que se puedan mantener indefinidamente éxitos pasados, de forma que la IQ debe adaptarse continuamente a condiciones cambiantes [...].* Un profundo conocimiento de los principios fundamentales de la ciencia de la Ingeniería Química es la única garantía de que la labor del ingeniero químico se pueda desarrollar con éxito. Hacer hincapié en la importancia de mantener, en docencia e investigación, una **dualidad entre las áreas frontera y el núcleo de la Ingeniería**

---

<sup>103</sup> Bodman, S. (1991), Chemical Engineering in Today's Economy, Chem. Eng. Progress, 12, 21.

**Química.** Así, el importante papel que juegan los ingenieros químicos, en campos como la biotecnología y la tecnología de polímeros, es consecuencia de su capacidad para aplicar las técnicas y herramientas características de las Ciencias Básicas a las necesidades creadas por las nuevas tecnologías<sup>104,105</sup>.

## 1.2.4 Ingeniería Química en España

En el apartado anterior se ha recorrido la trayectoria que ha tenido la Ingeniería Química desde su nacimiento, hace ya más de un siglo, hasta ahora, pero desde una perspectiva general. En el presente apartado se intenta ver, de forma concisa, la evolución -algunas veces pareja al resto del mundo- de la Ingeniería Química en España.

Siguiendo las fases propuestas por Cocero y Díez<sup>106</sup>, a continuación se resume la evolución de la IQ en España. Los mencionados profesores distinguen las siguientes fases:

### a) Orígenes de la Química en España

Los orígenes se encuentran tanto dentro como fuera de la universidad. Aunque hay que decir que la enseñanza de la química empieza fuera del ámbito universitario, debido sobre todo, a las lacras importantes que presenta la universidad española en el siglo XVIII.

Algunas fechas importantes en la evolución de los estudios de Química son:

- en el reinado de Carlos III, entre 1766 y 1771, el Consejo de Estado hace una consulta a la Universidad dando como resultado unos informes los cuales coinciden en la necesidad de reformar puntos importantes como son: la economía, la selección del alumnado, las oposiciones a cátedra, las reformas de estudios

---

<sup>104</sup> Astarita, G. (1990), *Frontiers in Chem. Engineering in 1992*, Chem. Eng. Prog., 86 (3), p. 55.

<sup>105</sup> Basta, N. y Johnson, E. (1989). *Chemicals Engineers are Back in High Demand*, Chem. Eng., 96, 22.

<sup>106</sup> Cocero, M.J. y Díez, J.M. (2000). Los orígenes de la ingeniería química, *Ingeniería Química*, 32 (372), pp. 173-181.

- 1785: se proyecta la Academia de las Ciencias y en 1790 comienza la enseñanza de la Química, aunque el proyecto de la Academia naufragó
- 1771: los ministros ilustrados de Carlos III intentaron la reforma de la Universidad con el Nuevo Método de Estudios, que era diferente en cada universidad
- 1807: con el Plan de Estudios de Godoy-Caballero, las ciencias pragmático-utilitarias hacen acto de presencia
- en 1825, el plan de estudios estableció cátedras de química en todas las universidades el Reino (aunque no se llevó a cabo por los gastos que exigía)
- el Plan de 1845 y los progresos sucesivos representados por la Ley de Moyano de 1857 y posteriores disposiciones de 1873, fueron perfilando la nueva universidad, existiendo dos licenciaturas: en letras y ciencias (con dos cursos cada una), que se integraban en una licenciatura de filosofía, donde se estableció la primera cátedra de química, pasándose a dos independientes, una de ellas llamada *Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. La sección de Física incluía la enseñanza de la química, con indicación expresa de prácticas diarias de laboratorio, y en el período de doctorado, se incluía el análisis químico.

#### **b) Nacimiento de la ingeniería industrial**

- en 1824 se crea, fuera del ámbito universitario, el Real Conservatorio de Artes, impartiendo las enseñanzas de mecánica, química y delimitación. Dicho centro puede considerarse el precursor de las primeras enseñanzas de carácter ingenieril
- en 1850 se crean las escuelas industriales
- con un R.D. del Ministerio de Fomento, en 1855, se establecía la organización de las escuelas industriales en tres grados: elemental, de ampliación y superior. Con el grado de ampliación se obtenía el título de ingeniero mecánico de segunda clase o de ingeniero químico de segunda clase y, con el grado superior, el título de ingeniero mecánico de primera clase o de ingeniero químico de primera clase.

#### **c) Las enseñanzas técnicas**

Como ya se apuntó anteriormente, en Francia el Prof. Cathala funda en Toulouse, en 1949, el primer centro superior de Ingeniería Química: el *Institut de Génie Chimique* y en Nancy se crea una cátedra específica de Ingeniería Química en

1952. Posteriormente, en Italia es en la Universidad de Padua donde se introducen estas enseñanzas.

Pero en España la evolución fue diferente. No fue hasta los años veinte cuando se crean las primeras cátedras de química técnica en las facultades de químicas principalmente. Así, en la Universidad de Valladolid, en 1942, la primera promoción de químicos recibía enseñanzas de química técnica en 5º curso, de acuerdo con el plan de 1935, siendo su primer catedrático de química técnica J.L. Gutiérrez Jodra.

Una consideración aparte merece el Instituto Químico de Sarria, creado en 1916, donde se imparte un diploma de tres años con un marcado perfil en ingeniería química orientado a profesionales de la industria.

Con la incorporación del Prof. Rius a la Cátedra de química técnica de la Universidad de Madrid, comienzan a impartirse en España las primeras enseñanzas de Ingeniería Química propiamente dichas, siendo muy importante para el posterior desarrollo de esta disciplina en España. Del magisterio del Prof. Rius salen e imparten estudios de IQ. Los profesores J.L. Gutiérrez Jodra en Valladolid; J. Ocon García en Santiago de Compostela; E. Costa Novella en Valencia y J. Martínez Moreno en Sevilla.

En 1944 la Universidad de Madrid comienza a impartir el doctorado en química industrial y en 1944, los estudios de Ingeniería Química del Instituto Químico de Sarriá, pasan a ser de cinco años en lugar de tres.

En 1953 se modifican los Planes de Estudios de la Licenciatura de Ciencias Químicas de las universidades públicas, instituyéndose la doble orientación a la carrera: la orientación industrial y la orientación pedagógica.

En 1955 se autoriza a los doctores en química industrial a la firma de proyectos de instalaciones industriales. En 1957, con la ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas se intensifican los planes de estudios de las ingenierías técnicas en disciplinas de química e ingeniería química.

El desarrollo del sector químico en España fue bastante limitado hasta la década de los 60<sup>107</sup>. Entonces, en el año 1962 se potenció el sector de la industria

---

<sup>107</sup> Gonzalez Lena, M.A. *op. cit*

química consiguiéndose un crecimiento sostenido de la producción entre el 11 y el 12% hasta 1973. En el curso 1973/1974 se inicia el nuevo plan de estudios de la licenciatura en Químicas, en el que los tres primeros cursos son comunes para todas las universidades. Dadas las nuevas necesidades de la Industria Química se establece en la mayoría de las Facultades de Química, la rama de Química Técnica o Química Industrial, como especialización en los dos últimos cursos. La formación recibida por los alumnos que optaban por esta especialidad era similar a la que ofrecían la mayoría de las universidades europeas y con marcadas diferencias respecto a las de Estados Unidos.

Sin duda, desde el punto de vista académico, el hito más relevante en España es la publicación en 1992 de las directrices generales del título homologado de Ingeniero Químico, en cuyo marco se ha implantado la titulación en numerosas universidades españolas. En la tabla 1.6<sup>108</sup> resume algunas de las fechas de mayor interés en el desarrollo de la Ingeniería Química en España.

<b>Tabla 1.6. Fechas de interés en el desarrollo de la Ingeniería Química en España.</b>	
1922	Introducción de una asignatura de química técnica en los últimos curso de ciencias químicas
1944	El profesor Rius propone el doctorado en química industrial en Madrid y publica un texto de ingeniería química en castellano.
1953	La química técnica se amplía a un segundo curso.
1959	Se crea la especialidad industrial en Ciencias Químicas de la Universidad de Madrid.
1967	Primeras jornadas en el Palacio de la Magdalena de Santander, en la que comenzaron a debatirse los contenidos de la Química Técnica.
1973	Modificación del primer ciclo de Ciencias Químicas en Madrid. Introducción de Química Técnica General en tercer curso.
1977	Revisión de segundos ciclos en todas las universidades españolas. Adopción de la especialidad de Química Industrial.
1983	Se publica la L.R.U. que autoriza la creación de departamentos de Ingeniería Química.
1992	Se aprueban las directrices generales de la titulación de Ingeniero Químico.
1992	Implantación de los nuevos estudios de Ingeniero Químico en la Universidad de Valladolid.
2000	Acreditación de la titulación de Ingeniero Químico de la Universidad de Valladolid por la Institution of Chemical Engineers (IChemE)
2005	Elaboración del libro blanco del título de grado en Ingeniería Química
2008	Asamblea Constituyente de la Conferencia de Decanos y Directores de Ingeniería Química (CODDIQ) 12-5-08

<sup>108</sup> González Lena, M.A. *Op. cit*

## 1.2.5 Perfil Profesional

La Ingeniería Química es un área abierta, que con base en las ciencias básicas, Matemáticas, Física y Química, se encuentra en constante evolución, con fronteras frágiles que interacciona, complementa y se solapa con otras ingenierías<sup>109</sup>. Se caracteriza por las herramientas de que dispone para abordar los problemas que se le plantea fuera de la planta de proceso<sup>110</sup>.

El libro blanco del grado de Ingeniería Química expone tanto el objetivo como la misión de los cursos de IQ y que han de derivar del Perfil profesional del Ingeniero Químico y deben estar relacionados con las necesidades del mercado laboral español y con las perspectivas del mercado laboral de la UE:

*El objetivo de las enseñanzas de Ingeniería Química es formar profesionales con capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía para formular y resolver problemas complejos, y más en particular los relacionados con el diseño de procesos y productos y con la concepción, cálculo, diseño, análisis, construcción, puesta en marcha y operación de equipos e instalaciones industriales, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente, cumpliendo el código ético de la profesión.*

El Ingeniero Químico<sup>111</sup>, aunque es un experto en procesos químicos, también es un verdadero generalizador de la profesión de ingeniero, debido a la extensa formación científica recibida, que le acerca, más que a otros tipos de profesionales, a la figura de un ingeniero multipropósito, lo que hace que pueda intervenir en industrias y otros sectores de empleo muy variados.

Según el *AICHE (American Institute of Chemical Engineers)*, los ingenieros químicos desarrollan su actividad profesional en unos campos determinados. La tabla

---

<sup>109</sup> Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), (2005). Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: [www.aneca.es/media/150264/libroblanco\\_ingquimica\\_def.pdf](http://www.aneca.es/media/150264/libroblanco_ingquimica_def.pdf) [consulta: noviembre 2011 ]

<sup>110</sup> Coca Prados, J. (2008). 40 años de ingeniería química en España: su evolución y retos de futuro. *Ingeniería Química*, abril, nº 458, pp. 88-92.

<sup>111</sup> González Lena, *op.cit*

1.7 recoge, a partir de estos campos, las funciones que pueden desempeñar en así como su descripción<sup>112</sup>

**Tabla 1.7. Funciones y actividades del Ingeniero Químico.**

Función	Descripción de la actividad
Ingeniero en diseño de procesos	Encargado del diseño de instalaciones, equipos y material en planta. Trabaja en equipo con ingenieros otras especialidades.
Ingeniero en medio ambiente	Desarrolla técnicas para reducir emisiones y reciclar residuos. Planea estrategias de deposición y almacenamiento de residuos.
Ingeniero de proceso	Aporta soporte técnico y conocimiento en el devenir rutinario de la planta. Trabaja con operadores y controladores.
Ingeniero de seguridad de procesos	Trata de mantener la seguridad en planta mediante los correspondientes análisis y el entrenamiento de operarios.
Ingeniero de proyectos	Controla el diseño y construcción de procesos específicos. Asiste al chequeo de equipamiento, inicio de proceso, etc.
Consultor	Aporta conocimientos a clientes con proyectos específicos.
Ingeniero de producción	Vigila el ciclo de producción y calidad del producto. Está al tanto de las necesidades de los clientes. Coopera en trabajo I+D.
Ingeniero de I+D+i	Explora y desarrolla nuevos procesos y técnicas determinando su aplicabilidad y ventajas
Director de proyectos	Coordina los trabajos desarrollados por un grupo de ingenieros de proyectos
Especialista en derecho	Está familiarizado con la ley sobre patentes, medidas medioambientales, etc., asesorando a clientes.
Especialista biomédico	Está relacionado con los procesos químicos desarrollados en el cuerpo humano. Su campo de aplicación es la síntesis de tejidos.
Ingeniero de aplicaciones computacionales	Diseña programas informáticos de instrumentación, control y monitorización de procesos.
Director técnico	Supervisa y coordina operarios, investigación, operación diaria, etc.
Director económico	Desarrolla proyectos de inversión, supervisa la economía de procesos, etc.
Profesor	Prepara futuros profesionales de la ingeniería química. Tareas de investigación.
Ingeniero de control de calidad	Supervisa los estándares de calidad de un producto. Controla la eficacia de los materiales a lo largo del tiempo.
Ingeniero técnico de servicios	Trabaja con los clientes in situ resolviendo problemas específicos.
Ingeniero de ventas y marketing	Usa los conocimientos adquiridos en la venta de productos y servicios posteriores.
Ingeniero de control	Es el encargado de implementar las técnicas de control en planta

<sup>112</sup> Tabla elaborada por González Lena, *op. cit.*



Siguiendo al Prof. González Lena y para terminar este apartado se puede concluir que, a la vista de las funciones y actividades que pueden desarrollar en su trabajo, cómo el Ingeniero Químico está llamado a alcanzar los puestos de mayor responsabilidad en el equipo en el que lleve a cabo su trabajo y de él dependerán aspectos como el progreso y la innovación tecnológica de las empresas del sector químico. Del mismo modo, pueden desarrollar su actividad en empresas de servicios, consultoría e ingeniería, centros de investigación y desarrollo tecnológico, desarrollo de proyectos, construcción e instalación, mantenimiento, producción y explotación de plantas químicas, control y gestión de la calidad de toda clase de procesos químicos y sus productos, inspección técnica y dirección y gestión de empresas del sector químico, así como de los distintos departamentos que la conforman, y también trabajos de simulación y control de procesos químicos. Asimismo, puede ejercer su labor en la administración pública, en la docencia y en la investigación.





UEx. Facultad de Ciencias. Edificio *Eladio Viñuela*

## **CAPITULO II.**

# **Justificación y Objetivos**



## 2.1. Justificación del trabajo

Como se ha comentado en la introducción, la difusión del trabajo científico es una de las etapas finales de la generación de conocimiento. Esta tiene lugar cuando la producción intelectual llega al resto de la comunidad científica, siendo uno de los canales habituales, para la publicación de los resultados, la revista científica.

Hacer visible el trabajo científico, significa ponerlo a la vista del usuario potencial a fin de facilitar su consulta. Sin visibilidad no hay uso del conocimiento<sup>113</sup> La difusión de los resultados de la investigación científica, a través de su publicación en revistas científicas, pasa necesariamente porque éstas estén al alcance del resto de la comunidad científica y, por tanto, sus resultados susceptibles de verificación y réplica.

Será más eficaz la difusión si estas publicaciones están indizadas en bases de datos. Mayor aún será su difusión y visibilidad si estas bases de datos son de prestigio y de elevado reconocimiento por parte de la comunidad científica; prestigio que viene dado, sobre todo, por las exigencias requeridas por estas bases de datos para indizar las revistas<sup>114</sup>, tanto de publicación como de evaluación de los trabajos que publican (evaluación por pares).

---

<sup>113</sup> Ochoa Henrique, H. (2004). Visibilidad: El Reto de las revistas científicas latinoamericanas. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*. [en línea], vol. 20(43), pp.131-138. <http://www.scielo.org/ve/> . [consulta: 6 Agosto 2010]

<sup>114</sup> Véase, por ejemplo el trabajo de Ruíz-Pérez y col. (2006) o la información facilitada por Thomson Reuters: [http://www.thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/journal\\_selection\\_process](http://www.thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/journal_selection_process)

En el contexto internacional, y centrándonos en las bases de datos de *WoS*<sup>115</sup> (producción científica con visibilidad internacional), la evolución de la producción española ha aumentado paulatinamente durante las dos últimas décadas (1990-2010).

Así, tal como se muestran en la tabla 2.1, la producción total recogida en estas bases de datos durante 1990, alcanza 1.006.046 de documentos, correspondiéndole a la producción española el 1,14%. En este momento España ocupaba el puesto número trece en cuanto a producción. En 2010 *WoS* tenían indizados 1.854.624 de documentos, siendo la participación española del 3,23% (60.564 documentos), ocupando el noveno lugar (cuatro puestos, dos puntos porcentuales).

**Tabla 2.1. Evolución de la producción española en *WoS***

Años	NDoc		Puesto	%
	España	NDoc <i>WoS</i>		
1990	11.453	1.006.046	13	1,14
1995	20.690	1.210.945	11	1,94
2000	28.721	1.346.705	11	2,13
2005	41.199	1.611.074	9	2,56
2010	60.564	1.854.624	9	3,23

Ni que decir tiene que el país que encabeza la lista de países con mayor producción durante este periodo en *WoS* son los Estados Unidos aunque con descensos porcentuales debido al incremento de producción procedente de la Unión Europea, Canadá, Australia, y países asiáticos, entre otros. Pero aún así, su producción representa más de un cuarto de la producción total, oscilando entre el 35,19% durante 1995 y el 27,39% en 2010 (máximo y mínimo en su producción).

Cabe señalar, por un lado, la vertiginosa evolución de la República Popular China que, durante estas dos décadas, pasa de ocupar el puesto dieciséis en 1990 con 8.161 documentos (0,81%) al puesto número dos en 2010 con 190.553 documentos (10,27%); por otro, el descenso de Rusia que pasa del quinto puesto, con

<sup>115</sup> Búsqueda realizada en todas las bases de datos contenidas en *WoS* (26/11/2011): Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED); Social Sciences Citation Index (SSCI); Arts & Humanities Citation Index (A&HCI); Conference Proceedings Citation Index- Science (CPCI-S); Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities (CPCI-SSH).

el 4,02% de la producción (40.476 documentos) en 1995, al puesto número 15 en el año 2010 con el 1,7% de producción total (31.527 documentos).

A su vez, destaca el estancamiento producido por países como Alemania y Reino Unido (siempre alrededor del 6%), Francia (4,5% de media) o Canadá e Italia y el ascenso de un país hispanoamericano. En el año 2000, Brasil ocupaba el puesto número diecisiete en la lista en cuanto a producción en *WoS*, con un 1,1%, (14.925 documentos) del total de los documentos. En 2010 ocupaba el número 14 con una producción de 39.967 documentos (2,15%).

Son múltiples las causas que determinan estas variaciones. Pero ya sean socio-políticas o económicas, de afianzamiento o fortalecimiento de políticas de I+D+i, o de cualquier otro tipo llevadas a cabo por los países, la realización de estudios dirigidos a determinar la visibilidad de las ciencias y darlos a conocer a la comunidad científica, política o económica, es un factor determinante para la elaboración de políticas científicas tanto para los propios investigadores e instituciones como para los países.

Centrándonos en el periodo de tiempo que abarca el estudio que se presenta en esta memoria de tesis (2000-2006), el total de documentos indexados en *WoS* era de 10.285.456. De éstos, a los investigadores españoles les corresponden el 2,43% (250.158 documentos).

A nivel internacional y siguiendo con datos referidos al periodo de tiempo de estudio, del total de documentos indexados en *WoS*, el 64,48% está producido por la Universidad.

Sin embargo, de la producción científica española el porcentaje que le corresponde a la Universidad aumenta considerablemente alcanzando el 80,19%; es decir, de los 250.158 documentos indexados en estas bases de datos y que le corresponden a la producción científica española durante estos años, 200.605 son producidos por investigadores universitarios. La Universidad es el sector institucional que más producción científica genera a nivel internacional seguida del CSIC y del sector sanitario.

La tipología documental utilizada por los investigadores universitarios españoles es variada. Así hallamos hasta 19 tipos de documentos distintos:

- ART EXHIBIT REVIEW
- ARTICLE
- BIBLIOGRAPHY
- BIOGRAPHICAL ITEM
- BOOK CHAPTER
- BOOK REVIEW
- CORRECTION
- DATABASE REVIEW
- EDITORIAL MATERIAL EXCERPT
- FICTION CREATIVE PROSE
- LETTER
- MEETING ABSTRACT
- NEWS ITEM
- POETRY
- PROCEEDINGS PAPER
- REPRINT
- REVIEW
- SOFTWARE REVIEW
- THEATER REVIEW

El artículo científico es el tipo de documento más utilizado por la Universidad, suponiendo el 78,25% del total de lo producido y recogido en estas bases de datos en el periodo de estudio.

Estos son datos generales relacionados con la producción nacional con visibilidad internacional y existen multitud de estudios relacionados con la productividad investigadora. Así, en nuestro país, se ha estudiado con frecuencia la producción científica de una ciencia concreta, de Comunidades Autónomas, de Universidades, etc. De esta forma, en España la realización de estudios bibliométricos llega a ser considerable.

Estos estudios se realizan, sobre todo, con el fin de conocer la actividad investigadora a nivel nacional, regional, institucional, etc., en diversos campos científicos. La lista de ellos sería imposible trasladar a este espacio. Sin embargo los resultados de la investigación de la Ingeniería Química, como área de conocimiento integrada en departamentos universitarios, en España no es estudiada como tal.

Los casos hallados sobre el estudio de la Ingeniería Química están encaminados al estudio de la producción científica contenida en la categoría *Chemical Engineering* en la que están incluidas un grupo de revistas (*JCR*) que publican los documentos emanados de la actividad investigadora. La mayoría de estos estudios están encaminados, por ejemplo, a analizar la producción en ciencia y tecnología<sup>116,117</sup>,

---

<sup>116</sup> Fernández, M.T. et al. (1999). Difusión internacional de la investigación científica española en ciencia y tecnología en el periodo 1991-1996. *Arbor*, vol. 162(7), pp. 129-150.

<sup>117</sup> Centro Superior de Investigaciones Científicas. Indicadores de Producción Científica y Tecnológica de España (1996-2001). Madrid, marzo 2004. [En línea]. Disponible en: <http://www.cindoc.csic.es/investigacion/informes.html> [consulta: enero 2012].



de un Centro de Investigación<sup>118</sup>, de una Universidad<sup>119</sup>, de una Comunidad Autónoma<sup>120</sup>, por citar algunos casos.

Pero no todos los documentos publicados en revistas encuadradas en la Categoría *Chemical Engineering* del JCR corresponden a los investigadores y/o docentes universitarios del área de conocimiento Ingeniería Química.

Para constatar este hecho basta con recuperar y analizar los documentos publicados e indexados en un período concreto en las bases de datos WoS por un conjunto de investigadores del área de un departamento y universidad concreta.

Por ejemplo, si recuperamos los documentos producidos en España durante el período 2006-2008 de las bases de datos WoS y que están publicados en revistas encuadradas en la categoría *Engineering Chemical*, obtenemos un total de 2.556. De éstos, analizamos, por ejemplo, aquellos que corresponde a investigadores de la Universidad de Extremadura.

Así, el número de documentos correspondientes a esta categoría y recuperados para esta Universidad es de 55, de los cuales, únicamente 25 son producidos por investigadores del área de Ingeniería Química. El resto corresponde a áreas tan diversas como Física (10 docs.); Física Aplicada (7 docs) y Química Inorgánica (5 docs.), entre otros.

Siguiendo con los estudios realizados sobre *Ingeniería Química*, pero aún aplicado a revistas asignadas a unas categorías temáticas de SCI, se halla un estudio<sup>121</sup> en el que presentan una serie de indicadores para cuantificar la interdisciplinariedad en las publicaciones científicas y los aplican al estudio y comparación de dos disciplinas de la química como son la *Ciencia de Polímeros* y la *Química Aplicada*. El estudio ha sido aplicado a los documentos publicados en una

---

<sup>118</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Mayo, 2006). La investigación del CSIC a través de sus publicaciones científicas de difusión internacional (1981-2003). Informe. [En línea, página citada].

<sup>119</sup> Pulgarín Guerrero, A. et al. (2003). *Estudio bibliométrico de la producción científica y tecnológica de la Universidad de Extremadura: análisis de la difusión alcanzada en Bases de datos internacionales, periodo 1991-2000*. Cáceres: Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones 527 p. ISBN: 84-7723-566-X.

<sup>120</sup> Comunidad de Madrid (2005). Proyecto de obtención de indicadores de producción científica de la Comunidad de Madrid. (PIPCYT) (1997-2002) [En línea]. Disponible en:

<http://www.madrimasd.org/queesmadrimasd/indicadores/regionales/bibliometricos/default.asp> ]. [consulta: enero 2012]

<sup>121</sup> Morillo, M. (2000). *Estudio de la interdisciplinariedad en la ciencia a través de indicadores bibliométricos*. Tesis Doctoral. Universidad Carlos III de Madrid. Getafe.

selección de revistas de estas categorías a través de la multiasignación de revistas. De los resultados obtenidos en este trabajo destaca la mayor interdisciplinariedad de la Química Aplicada con respecto a la Ciencia de Polímeros.

A nivel internacional existe un número mayor de trabajos que estudian la IQ desde la perspectiva bibliométrica y/o cienciométrica, entre los que destacamos los realizados por Van Raan y colaboradores. Este hecho se debe, sobre todo, a que la disciplina está más afianzada y consolidada como disciplina independiente desde hace más tiempo, en otros países y sobre todo en el ámbito anglosajón.

Mayoritariamente, los estudios analizados tratan del análisis de la citación y de la co-citación, a pesar de que existen autores como Shama et al.<sup>122</sup>, que señalan que la carencia de estudios sobre el tema se debe, principalmente, a la baja proporción de citas utilizadas por los ingenieros y que, en el caso de la ingeniería química el número de trabajos es aún menor. Estos autores mencionan que los primeros estudios que aparecen sobre el tema son los trabajos realizados de Burton<sup>123</sup> y Garfield<sup>124</sup>. Este último analiza dos grupos de revistas: las más citadas por las revistas de ingeniería y las revistas de ingeniería que más frecuentemente eran citadas. En ambas listas eran muy pocas las de ingeniería química que aparecía.

A finales de la década de los 80 se encuentran estudios como los de Peters, Hartmann y Van Raan<sup>125</sup>, en el que los autores ya hacen referencia a las pocas investigaciones sobre el problema de aplicar indicadores bibliométricos a la investigación de áreas aplicadas. El artículo describe el progreso científico en ingeniería química y la necesidad de poner en práctica la evaluación en actividades de investigación científica, y basan el estudio en los datos obtenidos de un grupo de revistas prestigiosas del campo, identificando científicos que sobresalen en el área y analizando su investigación. Así, aplicando técnicas cuantitativas, estudian el análisis de las publicaciones, del tipo de documento, de co-palabras, de citación....., llegando a las conclusiones siguientes:

---

<sup>122</sup> Shama, G.; Hellgardt, K.; Oppenheim, C. (2000). Citation Footprint Analysis. Part I: UK and US chemical engineering academics. *Scientometrics*, vol. 39(2), pp. 289-305.

<sup>123</sup> Burton, R. E. (1959). Citations in American engineering journals: chemical engineering, *American Documentation*, vol.10, pp. 70.

<sup>124</sup> Garfield, E. (1975). Journal Citation Studies 21, Engineering Journals. *Current Contents*, vol. 27, pp. 5-10.

<sup>125</sup> Peters, H. P. F.; Hartmann, D.; van Raan, A. F. J. (1988). Monitoring Advances in Chemical Engineering. *Informetrics*, 87/88.

- ✓ el análisis bibliométrico muestra ser un instrumento valioso para evaluar la IQ. En particular, es aplicable al análisis de citas aunque el nivel de citación sea inferior que en las ciencias básicas, siendo los resultados más válidos cuando la escala de tiempo es mayor, aunque no significa esto que el análisis de cita sea aplicable en el mismo grado para todos los subcampos de la IQ. Inciden ya en la necesidad de más indagaciones para investigar, más detalladamente, por qué existen científicos muy reputados pero que son *bibliométricamente invisibles*
- ✓ las publicaciones de los científicos con reconocimiento internacional (top-scientists), son más citadas que las del resto de científicos
- ✓ los artículos publicados en revistas con alto reconocimiento (*top-journal*), en promedio, son mucho más citados que aquellos otros publicados en otras revistas con menos prestigio
- ✓ como las revistas desempeñan un papel importante, pueden ser utilizadas otras técnicas bibliométricas: los datos de citación entre revistas pueden mostrar la imagen de la estructura de la IQ y otras áreas afines por medio de una estructura de redes
- ✓ los datos de las citas entre revistas revelaron tres grupos principales de revistas:
  - el núcleo de ingeniería química, orientado más a revistas de química general y de catálisis;
  - *Operations & Processes* muestra ser el subcampo más importante de la ingeniería química dentro del conjunto revistas de prestigio. Lo mismo ocurre en el caso de los científicos de prestigio.
  - el subcampo fuertemente relacionado con revistas como *Chem. Eng. Sci*, *AIChE J* y *Chem. Eng. J*.
- ✓ son útiles combinar los indicadores bibliométricos convencionales con otros relacionados con el contenido, como son el análisis de frecuencias de palabras (*technique of a two-step word-frequency analysis*)

Ya entrada la década de los noventa, se encuentran trabajos sobre estudios de citas en IQ como los llevados a cabo por autores como Peters y Van Raan<sup>126,127</sup>.

---

<sup>126</sup> Peters, H. P. F.; van Raan, A. F. J. (1994a). A bibliometric profile of top scientists: a case study in chemical engineering. *Scientometrics*, vol. 29, pp. 115-136.

<sup>127</sup> Peters, H. P. F., van Raan, A. F. J. (1994b). On determinants of citation scores: a case study in chemical engineering. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 45, pp. 39-49.

En el primer trabajo estudian el perfil bibliométrico de los mejores científicos de la ingeniería química, utilizando el análisis de citas para obtener los autores más citados (*top scientists*).

Según describe el propio Van Raan<sup>128</sup> cuatro años después, en este trabajo los autores hallaron un claro 'perfil bibliométrico' de los científicos de prestigio, y señalan cinco características importantes: 1ª) Estos científicos alcanzan el máximo de citas recibidas un año antes que el "promedio" de los demás científicos. 2ª) Son más citados que el científico medio. 3ª) Las referencias de estos científicos son más numerosas. 4ª) Esas referencias se corresponden con la literatura más reciente. 5ª) Las revistas utilizadas por este tipo de científico son las representativas del campo de la IQ en su conjunto, pero sin embargo difieren, en aspectos específicos, significativamente de 'el promedio' del conjunto de revistas en IQ. Los científicos de prestigio se muestran más especialistas que el científico medio en IQ.

En el segundo trabajo tratan de identificar los factores que pueden influir en el número de citas recibidas por los artículos publicados en un gran campo de investigación aplicada: la ingeniería química. El estudio se basó en 226 artículos escritos por 18 científicos con reconocimiento internacional (*top-authors*) y utilizaron, como fuente de datos, tanto las citas recibidas como las dadas.

Los autores constatan que en la probabilidad de ser citado influyen muchos factores y, aunque difícil, es importante la identificación de esos factores. La mayoría de estos factores están interrelacionados, surgiendo los problemas cuando se quiere identificar la importancia de cada uno por separado.

A través de análisis de regresión múltiple y para el caso de la ingeniería química, encontraron que el factor *top-autor* contribuye al mayor número de citas. Otros factores importantes son el número de referencias, el idioma, la categoría e influencia de la revista y el índice de Price. Todos estos factores parecen jugar un papel importante a la hora de recibir citas. El número de referencias por artículo muestra una mayor contribución al número pronosticado de citas que al índice de Price, al menos en el campo de la IQ.

---

<sup>128</sup> van Raan, A.F.J. (1998). In matters of quantitative studies of science the fault of theorists is offering too little and asking too much. *Scientometrics*, vol. 43(1), pp. 129-139.

Un año después, Peters, Braam y Van Raan<sup>129</sup> analizan las relaciones cognitivas entre las citas dadas y recibidas a través de las publicaciones. El estudio se centra en la relación entre los trabajos de los científicos de ingeniería química, internacionalmente reconocidos en el año 1982 (*trabajos fuentes*), y las publicaciones posteriores de otros científicos que los citan.

En el trabajo miden la semejanza entre publicaciones citantes y citadas, así como entre las publicaciones que citan artículos altamente citados. Demuestran que, las publicaciones con una relación de citación están considerablemente más relacionadas con el contenido que otras publicaciones; también que los documentos sumamente citados, son principalmente citados por su propia área de investigación. Por lo tanto, al menos en ingeniería química, publicaciones que referencian al mismo artículo más citado, representan la misma materia de investigación dentro del área. Este hecho, comentan los autores, no es causado por la rigidez del área, sino que muestra la existencia de una distribución clara de publicaciones a lo largo de muchos sub-campos, de modo que la ingeniería química puede ser caracterizada como un campo muy amplio de investigación interdisciplinar. Mapas basados en el análisis de correspondencia visualizan claramente grupos de publicaciones citadas y citantes.

Otros autores como Milman y Gavrilova<sup>130</sup> estudian un grupo de veinticuatro revistas líderes en ingeniería química en 1987, con el objeto de identificar los flujos de información y conocimiento en la materia a través de los análisis de citación y co-citación. En un trabajo posterior, Milman<sup>131</sup>, publica otro trabajo de co-citación, pero esta vez el análisis está relacionado con una materia específica de la IQ (*pressure swing adsorption* (PSA)).

En relación al análisis de co-autoría se puede citar trabajos como el de Peters y Van Raan<sup>132</sup>. En él realizan análisis para identificar la colaboración entre distintas disciplinas incluida la IQ, proponiendo este tipo de análisis para hacer una primera identificación de grupos de investigación en universidades.

---

<sup>129</sup> Peters, H. P. F., Braam, R. R., Van Raan, A. F. J. (1995). Cognitive resemblance and citation relations in chemical engineering publications. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 46, pp. 9-21.

<sup>130</sup> Milman, B.J. and Gavrilova, Y. A. (1993). Analysis of citation and co-citation in chemical engineering. *Scientometrics*, vol. 27, pp. 53-74.

<sup>131</sup> Milman, B.L. (1994). Individual co-citation clusters as nuclei of complete and dynamic informetric models of scientific and technological areas, *Scientometrics*, vol. 31, pp. 45-57.

<sup>132</sup> Peters, H. P. F.; van Raan, A. F. J. (1991). Structuring scientific activities by co-author analysis. *Scientometrics*, vol. 20, pp. 235-255.

Otros trabajos han sido realizados con el objeto de establecer el núcleo<sup>133</sup> de las revistas en IQ y el grado de dispersión de la información, aunque Shama y col.<sup>134</sup> tienen problemas para encontrar el núcleo de estas revistas debido, principalmente, a la dificultad de identificar *cuáles* son las que representan a una disciplina por la interrelación existente entre las distintas áreas de conocimiento con cierta afinidad.

El análisis fue realizado en una muestra de revistas que cubrían los años 1976-1981. Los resultados mostraron que 550 títulos contenían, como promedio, menos de dos artículos relevantes en cada año analizado y que 60 títulos conforman el núcleo de las revistas de IQ. Esta investigación fue continuada por otros trabajos sobre la estructura de las publicaciones en el campo de la IQ, sobre los modelos de autoría, la estructura de las citas y la dispersión de las fuentes de información.

Recientemente se han publicado, a nivel internacional, otros trabajos relacionados con la Ingeniería Química. Entre ellos mencionamos el realizado por el Profesor de Ingeniería Química de la *University of Technology MARA* de Malasia, Chun-Yang Yin (2009)<sup>135</sup>, en el que analiza la tendencia de publicación de los investigadores de ingeniería química a través de técnicas bibliométricas.

Señala el autor que muchos de los países de Asia del Sur han reconocido la importancia de esta disciplina para generar *fuerza de trabajo*, intensificándose por ello la investigación tanto en la educación superior como en institutos de investigación desde los años noventa, por lo que es útil proporcionar información sobre aspectos relacionados con la investigación de un país así como la reputación e impacto de sus investigadores y de las revistas utilizadas.

En un artículo posterior, este mismo autor junto a otros<sup>136</sup>, y siguiendo con las revistas científicas, realizan un estudio sobre el índice h y los valores Eigenfactor<sup>TM</sup> de las publicaciones principales y especializadas de *Chemical Engineering* y *Environmental Engineering*, las cuales tabulan y combinan, para proporcionar una representación gráfica de las revistas clasificadas en términos de prestigio e influencia.

---

<sup>133</sup> Sedlacek, J.; Rysavy, P.; Kopecky, V. (1984). Statistical analysis of information sources in the field of chemical engineering, *Technicka Knihovna*, vol. 28, pp. 329-340.

<sup>134</sup> Shama, G. (2000), *op. cit.*

<sup>135</sup> Chun-Yang Yin (2009). Bibliometric analysis of journal articles published by Southeast Asian chemical engineering Researchers. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, vol.14(3), pp. 1-13.

<sup>136</sup> Chun-Yang Yin; Mohd Jindra Aris; Xi Chen (2010). Combination of Eigenfactor<sup>TM</sup> and h-index to evaluate scientific journals. *Scientometrics*, vol. 84, pp.639-648.

A raíz de lo mencionado en los párrafos anteriores, cabe plantearse las siguientes preguntas:

☀ **por qué el estudio de este colectivo de investigadores**

La revisión bibliográfica de los estudios realizados, tanto a nivel nacional como internacional sobre la producción en Ingeniería Química, podría ser una respuesta.

☀ **¿todos los trabajos de los ingenieros químicos universitarios españoles son recogidos por revistas encuadradas en la categoría *Ingeniería Química*?**

En principio, se podría responder que no y este trabajo va encaminado a demostrarlo. Esta disciplina ha ido consolidándose y evolucionando en consonancia con la propia evolución de la sociedad y su industria, dando respuesta así a sus necesidades. Como consecuencia de ello, como se mencionó en los primeros párrafos de la introducción, ha tenido que diversificar su campo de actuación debido a la necesidad de afrontar nuevos problemas, lo que ha hecho que su investigación se diversifique abarcando nuevos campos.

☀ **¿por qué estudiar los resultados de sus investigaciones a nivel internacional?**

Es sabido que hoy en día la investigación científica se lleva a cabo en un contexto mundial, prevaleciendo la relevancia de aquellos estudios que están publicados en revistas de ámbito internacional.

Son muchos los trabajos que destacan la internacionalización de las ciencias y las características de los hábitos de publicación en determinadas disciplinas. Un ejemplo de ello se pone de manifiesto en el informe del Proyecto de obtención de indicadores de la Comunidad de Madrid, para el periodo 2000-2006<sup>137</sup>, sobre datos obtenidos para esta comunidad a nivel internacional. Al comparar la producción en Ciencias Experimentales y Tecnológicas en revistas españolas e internacionales,

---

<sup>137</sup> Comunidad de Madrid. (2008). Proyecto de obtención de indicadores de producción científica de la Comunidad de Madrid (PIPCYT) (2000-2006). [En línea] Disponible en: <http://www.madrimasd.org/queesmadrimasd/indicadores/regionales/bibliometricos/default.asp> [consulta; enero, 2012]

detectan importantes diferencias en cuanto a la orientación nacional / internacional de las diferentes áreas, observando una fuerte tendencia de los científicos de la Comunidad de Madrid a publicar los trabajos de Física y los de Química, preferentemente, en revistas de difusión internacional (en torno al 96%), ocurriendo de forma parecida en Matemáticas (93% a nivel internacional). Por otro lado, en Ciencias de la Tierra, Ingenierías, Tecnología y Agricultura (todas ellas áreas aplicadas), la aportación a las bases de datos ICYT es importante. Observándose finalmente una tendencia a publicar la investigación básica en revistas de difusión internacional (SCI), mientras que la investigación más aplicada tiende a ser difundida en revistas nacionales.

El estudio que en esta memoria de tesis se describe, parte de la observación de los hábitos de publicación de los investigadores del área de Ingeniería Química de la Universidad de Extremadura (UEX), a través de las *Memorias de Investigación* del área durante el período 1995-2003.

Al analizar estas Memorias de Investigación se observa que, los investigadores del área de IQ de la UEX, publican alrededor del 90% de sus artículos en revistas de ámbito internacional. Concretamente, la media de artículos publicados a nivel internacional está en torno al 19,3 artículos/año, mientras que los publicados a nivel nacional está en 2,4 artículos/año.

A la baja participación de publicaciones en revistas nacionales responden la cantidad de bibliografía existente sobre la problemática de revistas nacionales que cubren la temática de algunas áreas de conocimiento. Pero también hay que tener en cuenta consideraciones como las siguientes:

- la gran mayoría de los grupos de investigación de esta disciplina tienen una amplia experiencia tanto docente como investigadora. Así, a la hora de enviar los trabajos para su publicación, recurren a revistas con el mayor factor de impacto posible, ya que publicar en estas revistas es considerado como calidad y, por lo tanto, les supone mayor prestigio y visibilidad internacional. Esta circunstancia es debida al pensamiento generalizado de los autores sobre los documentos publicados en estas revistas con impacto: son más visibles ante la comunidad científica, son más leídos y, por tanto, tienen mayor probabilidad de ser citados por otros autores, lo que implica un mayor reconocimiento



- el reconocimiento institucional al trabajo viene a través de la evaluación científica (sexenios, concesión de ayudas, convenios, proyectos, etc.) valorándose, en gran medida, los trabajos publicados en revistas con factor de impacto (*JCR*). Ya en 1989 Seglen<sup>138</sup> llamaba la atención sobre el cambio de actuación de los investigadores (en general) que, debido a las exigencias de sus universidades y centros de investigación, intentan publicar en revistas de alto impacto, en detrimento de las de bajo impacto que, en cambio, pueden servir adecuadamente a determinadas disciplinas pequeñas o de interés regional o nacional
- las revistas nacionales recogen investigaciones de carácter geográficamente más local, son pocas o, por las materias que tratan, no cubren los contenidos de la investigación y las que existen no tienen o tienen poca proyección internacional.

En lo que se refiere a la evaluación de la actividad investigadora, con respecto a los investigadores del área de IQ, podemos mencionar el estudio realizado por el Prof. Beltrán Novillo<sup>139</sup> en el que resalta que la tendencia observada en el periodo de tiempo comprendido entre 1998 y 1999, el porcentaje de éxitos alcanzado es al alza. Así durante estos años, el porcentaje de éxitos pasó del 88% al 98% (prácticamente la totalidad de las peticiones fueron consideradas positivas). La inmensa mayoría de los solicitantes presentan como aportaciones de su actividad, publicaciones científicas en revistas de prestigio. De ahí, que desde el punto de vista de la valoración en sí, los investigadores del área de IQ son evaluados positivamente en porcentajes superiores al 90%. Esto es debido, según el mencionado profesor<sup>140</sup>, principalmente a dos razones:

- la primera está referida a la procedencia de los solicitantes del área: éstos son, en gran proporción docentes en Facultades de Ciencias o de Química y con el hábito, adquirido desde tiempos anteriores al inicio de la evaluación, de presentar sus aportaciones en revistas de ámbito internacional
- la segunda está en relación con el FI: se incrementa el número de documentos publicados en revistas extranjeras (anglosajonas)

---

<sup>138</sup> Seglen, P.O (1989). From bad to worse: Evaluation by journal impact. *Trends in Biochemical Science*, vol. 14, pp. 326-327.

<sup>139</sup> Beltrán Novillo, F.J. (2001). Evaluación de la actividad investigadora en Ingeniería Química. En: *XIX Jornadas de Ingeniería Química: Santander, España, 6-7. Septiembre* / organizadas por el Departamento de Ingeniería Química y Química Orgánica. [Santander]: Universidad de Cantabria, 151p. ISBN 84-699-5497-0.

<sup>140</sup> Beltrán Novillo (2001), *op. cit*

preferentemente) a la búsqueda de índices de impacto más elevados y, por tanto, de mayor divulgación.

Este hecho ha provocado que ascienda notablemente el número de artículos que los investigadores españoles publican en este tipo de revistas. Pero, bajo este marco, está la problemática de las revistas nacionales en recoger artículos originales y de investigadores de prestigio hasta llegar al punto de peligrar algunas de ellas<sup>141,142</sup>.

Así, los investigadores españoles científico-técnicos, tienden a publicar cada vez menos en revistas nacionales ya que no son tenidas en cuenta a la hora de su evaluación investigadora, situación que puede llevar a la disminución de la calidad de los trabajos publicados en revistas de ámbito nacional. Todo esto lleva a una carrera desenfadada por intentar publicar más y en la mejor revista de la disciplina (la del FI más elevado).

Llegados a este punto, y en relación a los datos obtenidos de las Memorias de Investigación del área de IQ de la UEx, cabe plantearse otra pregunta:

**☀ ¿el resto de los investigadores universitarios de esta área de conocimiento, tienen los mismos hábitos de publicación?**

Se tienen en cuenta los resultados del trabajo realizado por la doctoranda para la obtención del DEA<sup>143,144</sup> en el cual se estudiaba la producción científica de los investigadores del área de Ingeniería Química publicada de revistas nacionales e indizadas en las bases de datos ICYT (Ciencia y Tecnología), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En este trabajo se observó que la media nacional de artículos publicados en revistas nacionales, a nivel de universidad, estaba en torno a 2,2 artículos por año. Este resultando es similar al observado para los investigadores de IQ de la UEx, lo cual confirma los hábitos de publicación de los investigadores de esta área de conocimiento relacionado con los artículos científicos publicados en revistas nacionales.

---

<sup>141</sup> Jiménez Contreras, E. et al., (2006). Producción Científica en Biblioteconomía y Documentación con visibilidad internacional. *El Profesional de la información*, vol. 15(5), pp. 373-78.

<sup>142</sup> Díaz, Mario, et al. (2001). El futuro de las revistas científicas españolas: un esfuerzo científico, social e institucional. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 24(3), pp. 306-314.

<sup>143</sup> Lagar Barbosa, P. y Pulgarín, A. (2006). Fuentes primarias nacionales de ingeniería química en España (I). Campos, disciplinas y revistas potenciales. *Ingeniería Química*, vol. 442, diciembre, nº 38, pp. 142-146.

<sup>144</sup> Lagar Barbosa, P. y Pulgarín, A. (2007). Fuentes primarias nacionales de ingeniería química en España (y II). Producción científica. *Ingeniería Química*, 2007, enero, vol. 443, nº 39, pp. 167-174.

## 2.2 Delimitación del tema

La continua evolución sufrida por la IQ desde sus orígenes como disciplina independiente, obliga a sus investigadores a integrarse en una gran variedad de campos. Esta situación puede catalogarse como de desplazamiento de su campo de actuación (ya no existen fronteras discretas entre ciencias), como consecuencia del incremento de su carácter interdisciplinar. En los últimos años se viene observando la inquietud sobre la evolución futura de la IQ a fin de poder responder a las nuevas necesidades de la sociedad<sup>145, 146</sup>.

Esta situación conlleva, al mismo tiempo, a que se amplíe la gama de publicaciones que recogen los trabajos de los resultados de sus investigaciones, plasmados, sobre todo, en una tipología documental concreta: el artículo científico o técnico. Estas publicaciones, respecto a la temática que cubren, en algunos casos son multidisciplinares, lo que hace más difícil acotar o establecer el abanico de publicaciones en las que pueden publicar los trabajos de investigación este colectivo.

En esta problemática puede ayudar la ciencia de la documentación, disciplina de carácter multidisciplinar e instrumental<sup>147</sup>, que cuenta con herramientas, leyes y métodos suficientes para apoyar a otras áreas de la ciencia en aspectos tanto cuantitativos como cualitativos.

Se ha mencionado a los ingenieros químicos como docentes e investigadores de un área de conocimiento concreta: el Área de Ingeniería Química que puede formar por sí sola o junto a otras áreas un Departamento universitario concreto. La producción científica de estos investigadores universitarios españoles es, por tanto, el objeto de nuestro estudio, y más concretamente la producción científica de los investigadores del área de IQ de las universidades públicas españolas.

Por tanto, el sujeto de estudio, en cuanto a hábitos de publicación, son los investigadores universitarios españoles adscritos al área de Ingeniería Química. Hay que destacar, por un lado, que los departamentos desempeñan un papel muy importante dentro de la estructura de la universidad, en cuanto a docencia e

---

<sup>145</sup> Coca Prados, J. (2000). La Ingeniería Química en la interfase del siglo XXI. *Ingeniería Química*, vol. 367, nº 32, p. 135.

<sup>146</sup> Edgar, T.F. et al. (2006). Renovating the undergraduate process control course. *Computers and Chemical Engineering*, vol. 30, pp.1749-1762.

<sup>147</sup> Jiménez Contreras, (2006), *op. cit.*

investigación; por otro, hay que tener en cuenta que la universidad desempeña un papel primordial en la investigación española, siendo la institución principal como productora de publicaciones científicas.

Para la recuperación de los datos para el estudio se ha optado por la utilización de las bases de datos de la Web of Knowledge (*WoK*) como fuente de datos. Las razones tenidas en cuenta a la hora de su elección fueron, en primer lugar, el acceso que ofrece la Universidad de Extremadura<sup>148</sup> y que están disponibles a través de la licencia nacional que ofrece la FECYT, en nuestro caso. En segundo lugar, por el prestigio y autoridad que se les asocia<sup>149</sup> y que tiene que ver con los rigurosos criterios de selección que aplican a las revistas que indizan. En tercer lugar, por el uso generalizado de estas bases de datos por las instituciones públicas, tanto nacionales como regionales, en los sistemas de análisis y evaluación de la ciencia y la tecnología y sus investigadores. Las bases de datos contenidas en *WoS* ocupan un papel importante en los sistemas de evaluación de la actividad investigadora, ya que contienen herramientas precisas para el cálculo de indicadores en los procesos de evaluación

Otra razón, y en nuestro caso muy poderosa, es que estas bases de datos incluyen a todos los autores firmantes del documento (campo autor) y a todas las instituciones a las que los autores pertenecen (campo dirección) así como al país, lo cual nos facilita adscribir los documentos a cada una de las universidades.

Se descartaron otras bases de datos de ámbito internacional como las contenidas en SCOPUS, por el alto índice de solapamiento existente entre éstas y la Web of Science<sup>150</sup> en el caso que se estudia y principalmente, como se ha mencionado anteriormente, por la utilización de estas bases de datos a nivel institucional para la evaluación de la producción de los investigadores tanto a nivel individual (sexenios, plazas, ...) como de forma colectiva -grupos de investigación- (concesión de convenios, contratos, proyectos, ...).

---

<sup>148</sup> Seguimos las recomendaciones dadas por Umberto Eco en su libro "Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A., 1989, en las que nos dice que las fuentes a las que se recurra han de ser asequibles, al alcance del investigador, a la par que manejables, es decir, al alcance cultural del doctorando.

<sup>149</sup> Ruíz-Pérez, R. y col. (2006). Criterios del *Institute for Scientific Information* para la selección de revistas científicas. Su aplicación a las revistas españolas: Metodología e indicadores. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, vol. 6.

<sup>150</sup> Escalona, M.I. y col. (2010). Web of Science vs. Scopus: un estudio cuantitativo en Ingeniería Química. *Anales de Documentación*, vol. 13, pp. 159-175.

El tipo de documento puede influir sobre el número de citas que reciben las publicaciones. Por ejemplo, suelen tener tasas muy altas de citación aquellos documentos metodológicos, los que introducen técnicas o métodos<sup>151</sup>. Por otro lado, los artículos tipo review y las revistas especializadas que los publican suelen obtener tasas más altas de citación que los otros tipos de documentos, debido a que manejan una amplia bibliografía y a que su consulta es especialmente útil para los científicos<sup>152</sup>.

En cuanto a la tipología documental, se ha utilizado el artículo y el tipo review, documentos publicados en revistas visibles internacionalmente y recogidos por las bases de datos del Web of Science (WoS) durante el periodo 2000-2006, excluyéndose los resultados difundidos por publicaciones nacionales no incluidas en estas bases de datos y aquella otra tipología documental como patentes, informes técnicos, etc. más relacionados con la innovación tecnológica.

Por otra parte, la selección de este tipo de documento se debe a que éstos son los considerados por ISI como documentos citables<sup>153</sup> y son los utilizados para calcular el factor de impacto de las revistas, ya que el estudio se centra en la visibilidad internacional de los iQ españoles a través de los trabajos producidos y publicados en revistas internacionales y recogidos e indexados en las bases de datos del WoS.

Se descartan los *meeting abstract* por considerarlos información de una investigación en marcha, que se presenta como avance o resumen en un congreso específico y que quedará -la información- generalmente plasmada y desarrollada en un futuro artículo científico.

Por su uso, también se descartan las patentes, por ser una tipología menos frecuente por este colectivo y más difícil de identificar a qué área de conocimiento atribuirle (la titularidad la tiene la universidad). De todas formas, es un tipo de documento utilizado mayoritariamente por otros colectivos de ingenieros (como tecnólogos, industriales, etc.) y es más difícil de estudiar por estar restringida la información por razones de seguridad comercial, sobre todo.

Partimos del hecho de que un documento es responsabilidad de todos los firmantes del mismo. Por tanto, a la hora de adscribir un documento a un autor, si el

---

<sup>151</sup> Bordons, (1999), *op cit*

<sup>152</sup> *Ibidem*

<sup>153</sup> Moed H.F.; van Leeuwen, T.N. (1995). Improving the accuracy of Institute for Scientific Information's Journal Impact Factors. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 46, pp. 461-467.

documento está elaborado en colaboración, éste se le asigna por igual a cada uno de los autores firmantes.

El periodo de tiempo estudiado está comprendido entre los años 2000-2006, ambos incluidos.

En principio, se barajó la posibilidad de que el estudio se centrara en el periodo 2000-2007. Pero, teniéndose en cuenta que la recuperación de los datos no se lleva a cabo hasta el inicio del año 2008, existía la posibilidad de que existiesen documentos correspondientes a 2007 que aún no estuviesen incluidos en las bases de datos. Este hecho es debido a que existen revistas que tardan en publicar el número correspondiente a diciembre del año anterior. Por otro lado, los documentos correspondientes a 2007 tendrían muy pocas posibilidades de obtener citas.

Autores como Peters y Van Raan, demuestran con sus estudios, que la media de los trabajos en las ciencias básicas, tardan tres años en alcanzar el máximo de citas, hecho este que corroboran en su estudio aplicado a los mejores científicos de la Ingeniería Química. Por tanto, y siguiendo su investigación, se baraja la posibilidad de estudiar el periodo 2000-2005, lo que daría la posibilidad a los documentos de 2005 a recibir el máximo de citas.

Por otro lado, se consideró la posibilidad de aumentar el periodo de estudio a un año más, lo que nos permitiría observar, de manera más amplia, la evolución de los patrones de publicación de los IQ relacionado con las revistas que recogen sus trabajos dándose la posibilidad de ampliar el abanico de publicaciones; por otro, a que los documentos recuperados para el 2006 recabasen citas.

Pero como no sabemos si los patrones de citación de los iq universitarios españoles tienen la misma tendencia que los recogidos por los autores citados, se considera recoger las citas obtenidas por los documentos tres años después de su recuperación. Así, a principios de 2011, se actualizan las citas obtenidas por estos documentos.

Por tanto, la toma de datos se realiza en dos momentos concretos: 2008 y 2011. La primera corresponde a la recuperación de los datos y la segunda a la actualización de las citas obtenidas por los documentos extraídos de las bases de datos para observar la evolución de las mismas.

Hemos de resaltar que con el presente trabajo NO pretendemos comparar los resultados de los distintos departamentos y/o áreas, debido principalmente a las diferencias que pueden existir entre ellos: número de investigadores; tamaño de universidad, consolidación de los distintos grupos de investigación (nº de personas que participan, proyectos, contratos, convenios...); hábitos de publicación, etc. Tampoco están entre nuestros objetivos realizar estudios de evaluación sobre este colectivo. Nuestro trabajo pretende mostrar por un lado, un método a la hora de recuperar de forma retrospectiva los datos desde las bases de datos de *WoS*; por otro, observar la panorámica general de la IQ en España que nos presentan los resultados obtenidos.

Para ello, en los párrafos siguientes se concreta la finalidad del trabajo y la hipótesis de la que partimos; a su vez, se desgrana la misma mostrando los objetivos para alcanzarla.

## 2.3 Finalidad del trabajo e hipótesis de partida

A lo largo de las páginas anteriores se ha pretendido marcar las líneas generales sobre *por donde* está encaminado el trabajo. Ahora es momento de concretar lo que se pretende y preguntarse acerca de la producción y proyección de la investigación de los investigadores españoles adscritos al área de conocimiento de Ingeniería Química, planteado desde el punto de vista de la producción científico-técnica indexada en bases de datos internacionales. Como se ha mencionado anteriormente, no se pretende evaluar sino contemplar y analizar la producción científica recuperada de este colectivo. Para ello, el estudio que se desarrolla está enfocado desde un prisma con tres vertientes principales:

- ❖ **la calidad** de la producción de los investigadores del área de IQ: calidad contemplada desde el punto de vista de la proyección o visibilidad que tienen sus trabajos de investigación en la comunidad científica de su campo o disciplina, medida ésta principalmente a través de las citas recibidas.
- ❖ **las fuentes** (revistas), estudiadas a través de su impacto.
- ❖ **Los niveles de interdisciplinariedad**, desde la vertiente de las áreas o sub-áreas donde están encuadradas las publicaciones -núcleo y periferia- (JCR) que recogen los trabajos de investigación de estos investigadores.

Todo ello bajo el marco de la producción científico-técnica de estos investigadores, recuperada desde *WoS* y utilizando una tipología documental concreta, el artículo y el review. Por tanto, y partiendo de la hipótesis de que *la visibilidad e impacto de la investigación española del área de IQ, se consolida a la par que su producción científico-técnica*, la finalidad de nuestro trabajo es la siguiente:

- *Analizar, de forma cuantitativa, la productividad de los Ingenieros Químicos universitarios españoles e identificar la calidad de sus trabajos, mediante el impacto, visibilidad e interdisciplinariedad de los mismos, durante el periodo 2000-2006, a través de los registros obtenidos de las bases de datos del WoS.*



Partiendo de la hipótesis propuesta y para la consecución del fin que se persigue, se plantean una serie de objetivos específicos -que a su vez pueden subdividirse-, concretando su realización mediante unas determinadas tareas, y utilizando para ello las fuentes, técnicas y herramientas oportunas.

## 2.4. Objetivos

Dentro del marco general de la producción científica de los ingenieros químicos universitarios españoles, los objetivos que se propone, vistos desde la perspectiva de calidad, fuentes e interdisciplinaridad, son los que a continuación se relacionan:

### Objetivos generales

- Recuperación de la producción científica en la Ingeniería Química española durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 2000-2006, a través de las fuentes adecuadas.
  - Estudio y análisis de las fuentes de información tanto institucionales como documentales, de las que vamos a obtener la información pertinente para identificar el material de nuestro estudio:
    - Institucionales: Universidades, Departamentos e Investigadores del Área de Ingeniería Química.
    - Documentales: bases de datos utilizadas en la recuperación de la información objeto de estudio
  - Diseño de la metodología que permita optimizar la recuperación de los datos:
    - Diseño de los perfiles de búsqueda retrospectiva en la base de datos Web of Science.
    - Ensayo de las ecuaciones de búsquedas propuestas para verificar la fiabilidad de las mismas (resultados).
    - Recuperación de los registros bibliográficos en la base de datos: registros correspondientes a los documentos producidos, durante el periodo de estudio, de los investigadores de IQ universitarios españoles
    - Tratamiento de los datos recuperados.
- Aplicación de las herramientas informáticas y métodos estadísticos necesarios tanto para el tratamiento como para el procesado y análisis de los datos
  - Utilización del software adecuado para cada caso (hojas de cálculo, gestor bibliográfico, etc.)

- Aplicación de los indicadores oportunos (informétricos, econométricos, etc.) en la literatura científica recuperada
  - Uso de aquellos métodos cuantitativos propios del análisis de los datos
- Análisis de la actividad científica, de los ingenieros químicos universitarios españoles, durante el periodo de tiempo de estudio, indexada en las bases de datos *WoS*, a nivel Nacional, Autonómico, Universitario y Departamental
- Estudio de la distribución y evolución de la producción científica
  - Análisis de la autoría, productividad y concentración, a través de los métodos propuestos
  - Análisis de la colaboración científica
  - Análisis de la distribución anual de citas emitidas en los documentos del último año de estudio: 2006
  - Análisis de las fuentes y de las categorías del *Journal Citation Reports* en las que están clasificadas

### Objetivos específicos

- Estudio de las fuentes donde se publicaron los trabajos de IQ durante el periodo de tiempo del estudio
- Identificación de las revistas científicas utilizadas para la publicación de los artículos, durante el periodo de estudio
  - Análisis de la distribución anual de las revistas en que son publicados los documentos
  - Identificación de las revistas que recogen mayor producción de los investigadores de IQ, analizando las mismas según niveles de productividad
  - Observar la dispersión de la literatura en las revistas utilizadas por los investigadores
  - Análisis de la distribución de las revistas en función del idioma y del país de edición de las mismas
  - Identificación y análisis de las publicaciones españolas y latinoamericanas utilizadas por la IQ, indexadas en *WoS*.

- Análisis de las categorías temáticas en las que están clasificadas las revistas científicas, que recogen los documentos analizados, según el *Subject Category Listing* del *Journal Citation Reports (JCR)* con objeto de observar la distribución de materias producidas por la investigación en IQ.
  - Identificar y cuantificar las distintas categorías temáticas en las que clasifican los documentos
  - Analizar la distribución de documentos en función de las categorías en las que aparecen clasificados
  - Analizar la concentración de los documentos por categoría temática con el objeto de identificar las distintas subáreas (materias) donde se clasifican los documentos así como las distintas temáticas en la que investigan los iq
  - Analizar e identificar de las revistas asignadas a una o más categorías temáticas
  - Observar el grado de interdisciplinaridad de los trabajos de investigación en función de la multiasignación de las revistas a distintas categorías del JCR
  
- Análisis de la *calidad* de la producción científica de los investigadores del Área de Ingeniería Química, desde el punto de vista de la proyección que tienen sus trabajos en la comunidad científica de su disciplina.
  - Medir y analizar la distribución de citas recibidas por los documentos estudiados en los dos momentos de su estudio: 2008 y 2011 (citas recibidas hasta 2007 y 2010, ambos incluidos)
  - Estudio de la evolución anual de las citas recibidas
  - Observación de los documentos más citados
  - Análisis de la repercusión de los documentos a través de su impacto (FI y FI-5)
  - Análisis de los documentos según la posición de la revista que lo contiene (cuartil), en la categoría temática del *Journal Citation Reports*
  - Análisis de los documentos publicados por las revistas posicionadas en los tres primeros puestos dentro de su categoría temática: TOP3
  - Estudio de la repercusión de los documentos según la categoría temática en las que están clasificados. Estudio del factor de impacto medio de las

revistas que contienen los documentos y el factor de impacto relativo (FIR) relacionado con el factor de impacto de la categoría del JCR

- Análisis del índice de actividad (IA) de la producción estudiada en relación a la producción de España en las principales categorías analizadas

Por lo tanto, en base a la cuantificación de la producción científica del Área de Ingeniería Química en la universidad española, el interés de este trabajo radica en identificar la proyección o visibilidad internacional y la repercusión, medida por el impacto de las fuentes donde se publican los trabajos científico-técnicos de los iq universitarios españoles.

Del mismo modo tiene interés observar e identificar las materias principales en las que trabajan para observar la relación temática con otras áreas del conocimiento (núcleo y fronteras de su investigación).

Por la dificultad de identificar “cuáles” son las revistas que representan a una disciplina en particular, debido sobre todo a la interrelación existente entre las ciencias, el trabajo intentará acotar aquellas fuentes primarias que, mayoritariamente, recogen las contribuciones de los iq españoles, sin entrar en el debate de cuáles son las revistas específicas de cada ciencia o disciplina debido principalmente a que, en la actualidad, las fronteras entre ellas es difícil de trazar; qué materias son las más frecuentes en sus investigaciones; qué puesto ocupan nuestros investigadores a nivel nacional e internacional, etc.

Con todo ello se vislumbraría un marco general de la investigación de la disciplina, desde el punto de vista de su producción científica y visibilidad, que nos mostraría:

- La fuentes utilizadas y la evolución en su uso (núcleo y periferia)
- Mapa de materias. Analizadas éstas desde el punto de vista de las fuentes utilizadas y las categorías (JCR) en las que están clasificadas (nucleares y/o afines)

Todo ello nos permitiría observar la imagen, en un periodo de tiempo concreto, e inferir sobre otra/s imágenes futuras, de la IQ.

## 2.5 Estructura de la memoria

La memoria de Tesis que aquí se presenta contiene siete capítulos, numerados del I al VII, cada uno de ellos dividido en subapartados, etc.

Las primeras páginas de la Memoria están ocupadas por los agradecimientos oportunos, el índice y relación de tablas, figuras y anexos contenidos.

El Capítulo I se dedica a la Introducción. En él se muestran las líneas generales del trabajo. También, el contexto en el que nos movemos: se desarrolla la evolución de la IQ a lo largo de su historia

En el Capítulo II se presenta la justificación y delimitación del tema, la finalidad del mismo y los objetivos generales y específicos propuestos para su desarrollo.

A lo largo del Capítulo III se detallan tanto el material utilizado como base del trabajo como el proceso general de trabajo (método).

En la parte destinada a material se detalla, por un lado, la unidad/es de análisis, que no es otra que el conjunto de investigadores adscrito al área de conocimiento de Ingeniería Química de las distintas universidades españolas. Por otro, se describen las distintas fuentes de información utilizadas para el estudio: la fuente de datos (WoS) de donde se extrae la información necesaria (referencias bibliográficas) y que es la base de esta memoria así como las fuentes de información institucionales que nos permite obtener la información oportuna tanto de los investigadores como de las instituciones a las que están adscritos los mismos.

El apartado de Método detalla el proceso de trabajo seguido para la obtención de los resultados. Se detalla tanto las herramientas utilizadas como los procesos seguidos en la recuperación de la información así como en el tratamiento de los datos.

En el subapartado correspondiente al Análisis de los datos muestra tanto los estadísticos utilizados como los indicadores propuestos.

El Capítulo IV se detallan los resultados y discusión de los mismos desde los distintos niveles de análisis: nacional e institucional.

En el Capítulo V se muestran las conclusiones a las que se han llegado una vez concluido el trabajo de investigación.

En el Capítulo VI se muestran las fuentes tanto referenciales como electrónicas, utilizadas a lo largo del texto.

Se cierra con los distintos anexos, utilizados en el texto.







UEx. Facultad de Biblioteconomía y Documentación. Biblioteca

## **CAPÍTULO III. Material y Método**



## 3.1 Material

El material de estudio, utilizado para el presente trabajo, lo constituye toda la bibliografía proporcionado por las distintas fuentes de información. Se distinguen dos tipos de fuentes, con información distinta pero complementaria.

El primer tipo de *fuentes de datos* son aquellas que proporciona el sistema de bases de datos *Web of Knowledge (WoK)*, producida por Thomson Reuters. De estas fuentes de las que se extrae la totalidad de registros de los trabajos publicados por los iq,, necesarios para la realización de la Memoria de tesis.

El segundo tipo son las *fuentes institucionales*, entre ellas los portales de las distintas universidades de forma particular y los portales del Ministerio de Ciencia e Innovación<sup>154</sup> y los de Universia, de forma general; y las *fuentes documentales*: material impreso. Todos ellos han permitido recabar información de los investigadores, áreas, departamentos y/o universidades.

Además, no menos importantes, son las *fuentes informales de información*, entendidas éstas como aquéllas provenientes de consultas a personas muy relacionadas con el tema o estudio llevado a cabo. En nuestro caso provienen, principalmente, de personal vinculado al área de Ingeniería Química de la Universidad de Extremadura.

---

<sup>154</sup> Actualmente Ministerio de Educación, Cultura y Deporte

### 3.1.1 Unidad de Análisis

Antes de comenzar la descripción de las distintas fuentes de información hay que hacer referencia a las distintas unidades que pueden ser utilizadas.

Así, se distinguen entre “unidades de observación” y “unidades de análisis”. Las unidades de observación son a menudo individuos mientras que las unidades de análisis son agregados de individuos<sup>155</sup>.

Se considera como unidad de análisis al conjunto de investigadores adscritos a un área de conocimiento; en este caso al área de *Ingeniería Química*, componentes de distintos departamentos universitarios españoles. Hay que tener en cuenta que la universidad desempeña un papel primordial en la investigación española, como institución principal productora de publicaciones científicas.

La investigación es una de las finalidades de la universidad. Según la Ley Orgánica de Universidades, (LOU)<sup>156</sup>, *las universidades realizan un servicio público superior mediante la investigación, la docencia y el estudio*” y entre las funciones que establece a las mismas con respecto a la sociedad es *“la creación, desarrollo y transmisión y crítica de la ciencia, la técnica y de la cultura*. Pero las universidades delegan, tanto la transmisión del conocimiento como la investigación, en otras unidades de nivel inferior que forman parte de su estructura: las Facultades y Escuelas, los Departamentos, los Institutos Universitarios de Investigación.

Para la LOU, los departamentos *son los órganos encargados de coordinar las enseñanzas de una o varias áreas de conocimiento en uno o varios centros, de acuerdo a la programación docente de la Universidad, de apoyar las actividades e iniciativas docentes e investigadoras del profesorado*.

En otro nivel distinto al área de conocimiento se encuentra los grupos de investigación. Destaca la gran importancia que han adquirido éstos en los últimos años, siendo fomentados para incentivar la producción científica, primándolos y potenciándolos en muchos casos (nivel económico) en detrimento del departamento.

---

<sup>155</sup> Briones, Guillermo. Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. [En línea]. Disponible en: <http://contrasentido.net/wp-content/uploads/2007/08/modulo3.pdf> [consulta: junio 2010].

<sup>156</sup> España. Ley Orgánica de Universidades 6/2001, de 21 de diciembre (BOE nº 307, de 24 de diciembre), modificada por la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril (BOE nº 89, de 13/4/2007).

Muchos grupos de investigación están asociados a más de un área de conocimiento y por extensión a más de un departamento, por lo que se hace difícil asignar su investigación a un único departamento, pudiendo pertenecer incluso a varias universidades.

Los trabajos de estos grupos pueden ir firmados por todos los integrantes del grupo o por parte del mismo, en el caso de que se trate de grupos muy numerosos. Incluso, dentro del mismo grupo, pueden formarse distintos subgrupos, que hacen investigaciones distintas pero que se complementan (especialización del subgrupo), dependiendo de las líneas de investigación del grupo.

El estudio se realizó desde distintos niveles, respecto a la producción científica de estas unidades:

- Nivel Nacional
- Nivel de Universidad
  - Subnivel Departamento –casos con más de un área de IQ en una misma universidad-

Se indica nivel departamental y no nivel de área de conocimiento debido a que a la hora de publicar los resultados, en el campo de filiación de los autores, normalmente se indica el nombre del departamento y no el área; en segundo lugar, porque las bases de datos utilizadas en el estudio indexan los documentos (en el campo de dirección, AD) por la dirección de los investigadores que firman el trabajo: Departamento, Universidad/Centro y País.

Así, la Memoria de Tesis está basada en la producción científica de los investigadores del Área de Ingeniería Química, adscritos a los departamentos de las universidades públicas españolas.

El número total de departamentos universitarios con producción científica en IQ fue de 53, distribuidos en 47 Universidades de 17 CC.AA.

Los datos correspondientes a las distintas universidades públicas españolas que en alguno de sus departamentos esté incluido el Área de Ingeniería Química, se muestran en la tabla 3.1 del siguiente apartado (p. 105).

## 3.1.2 Fuentes de información

Para el estudio se hace necesitado recurrir a unas determinadas fuentes de información.

Por un lado se necesita toda la información necesaria, tanto de contenido como de acceso, de la fuente de dónde extraer los datos para el estudio.

Por otro, se necesita información sobre las instituciones e investigadores, productores de los datos. Esta información podemos dividirlos en fuentes institucionales y fuentes bibliográficas.

### 3.1.2.1 Fuente de datos

En el mercado de la información existen distintas bases de datos especializadas en el campo que nos ocupa. Actualmente en España todas las Universidades y Centros de Investigación tienen acceso a la plataforma *WoK*, gracias a una iniciativa del Ministerio de Ciencia e Innovación. La explotación de la licencia ha sido encomendada a la FECYT<sup>157</sup> encargada de proporcionar acceso y difundir su uso entre todos los investigadores del país.

De entre todas ellas se han elegido para el estudio, como las más adecuadas, las contenidas en el *Web of Science (WoS)* y disponibles a través de la plataforma *ISI of Knowledge* de la empresa *Thomson Reuters* (antes *Thomson Scientific*). Más concretamente, los datos proceden mayoritariamente de la base de datos *Science Citation Index Expanded SCI*, contenida en el *WoS*.

*ISI Web of Knowledge (en adelante WoK)*, es una plataforma basada en web que ofrece a los profesionales de la investigación científica y académica, de forma sencilla, adquirir y administrar información sobre investigaciones en un único y práctico punto de acceso<sup>158</sup>.

---

<sup>157</sup> Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología

<sup>158</sup> The Thomson Reuters Corporation. <http://science.thomsonreuters.com/es/productos/wok/> [consulta: enero 2012].

En un entorno intuitivo de navegación, ofrece contenidos de alta calidad así como herramientas y tecnologías sofisticadas que permite a los usuarios obtener, analizar y administrar con eficacia la información que se precisa.

Es una plataforma dinámica y considerada como un excelente portal de investigación donde se integran por un lado, publicaciones profesionales, patentes y actas de conferencias; por otro, páginas web evaluadas de carácter científico y herramientas de análisis y evaluación de la producción científica.

De contenido multidisciplinar, recoge literatura académica influyente y revisada por *colegas* la cual *Thomson Scientific* evalúa para su inclusión en *ISI Web of Knowledge*. A través de un entorno integrado, los usuarios de *ISI Web of Knowledge* pueden acceder sin problemas a una amplia gama de contenidos.

Atendiendo a su contenido la plataforma puede ser dividida según el siguiente recuadro:

<b>1. Recursos Especializados</b>	Biological Abstracts
	BIOSIS Previews
	CAB Abstracts
	Inspec
	MEDLINE
	Zoological Record
	FSTA - Food Science and Technology Abstracts
<b>2. Recursos Multidisciplinares</b>	<b>Web of Science</b>
	ISI Proceedings
	Current Contents Connect
	Derwent Innovations Index
<b>3. Recursos para el análisis y la evaluación</b>	<b>Journal Citation Reports</b>
	Essential Science Indicators
	Journal Use Reports
	The Analyze Tool
<b>4. Recursos para la gestión de bibliografía</b>	<b>EndNote Web</b>

1. **Recursos especializados.-** A través de la plataforma *WoK* es posible contratar una serie de Bases de Datos ofreciendo cada una de ellas campos de

búsqueda especializados y vocabulario controlado que ayudan al investigador a realizar sus búsquedas bibliográficas de una forma más pertinente. Entre las bases de datos que son posibles contratar se encuentran especializadas en Biología (*Biological Abstracts* y *Biosis Previews*), Agricultura (*Cab Abstracts*), Ingeniería (*Inspec*), Zoología (*Zoological Record*), Medicina (*Medline*) y Tecnología de los Alimentos (*FSTA*).

2. **Recursos multidisciplinares.-** La plataforma ofrece al investigador la posibilidad de acceder fácilmente a una gran cantidad de información multidisciplinar y con una cobertura y calidad internacional proveniente de revistas con un alto nivel de prestigio (*Web of Science*), actas de congresos (*ISI Proceedings*), patentes (*Derwent Innovations Index*), reacciones químicas y compuestos (*Index Chemicus* y *Current Chemical Reactions (CCR-EXPANDED)*), sitios web evaluados y revistas de acceso abierto (*Current Contents Connect*).

3. **Recursos para el análisis y la evaluación.-** *WoK* pone a disposición de sus usuarios una serie de herramientas analíticas que permiten realizar de forma rápida e inmediata análisis cuantitativos de los resultados científicos y académicos. Es posible medir la influencia e impacto de una revista gracias al *Journal Citation Reports*, medir el valor de una colección de revistas en una determinada institución gracias a la herramienta *Journal Use Reports*. Con el recurso *Essential Science Indicators* es posible identificar los hallazgos científicos, medir el rendimiento o seguir las tendencias de la investigación.

4. **Recursos para la gestión de bibliografía.-** Aunque toda la información obtenida de las distintas bases de datos bibliográficas es posible exportarla a los gestores de bibliografía más utilizados en el mundo científico tales como *EndNote*, *Procite* y *Reference Manager*, desde 2006 se encuentra disponible *Endnote Web*, gestor bibliográfico en línea que permite a los usuarios almacenar hasta 10.000 registros, pudiendo éstos acceder a ellos desde cualquier ordenador conectado a la red y compartírlas con varios usuarios al mismo tiempo.

De todos los productos que ofrece *WoK* han sido utilizados tres de ellos:

- **Web of Science:** recurso multidisciplinar de donde se extraen los datos.
- **Journal Citation Reports**
- **EndNote Web:** herramienta bibliográfica que nos ofrece *WoK* y que ha sido utilizada como puente entre la recuperación de datos y el gestor de bibliografía *EndNote*.



### 3.1.2.1.1 Web of Science

*Web of Science* ofrece acceso a los índices de citas. Contiene información sobre investigación multidisciplinar publicada en revistas de ciencias, ciencias sociales y arte y humanidades, todas ellas de ámbito internacional y de alta calidad, estando su uso muy extendido entre los investigadores.

Es una base datos bibliográfica y, por tanto, sus registros ofrecen información referente a los títulos del documento, sus autores y filiación, palabras clave, resúmenes, referencias citadas, etc., además del acceso al texto completo de miles de publicaciones. Ofrece información actual y retrospectiva de resúmenes de autor e índice de citas de 9.300 publicaciones internacionales. A través de *Century of Science*, se accede a contenidos desde 1900. Tiene como objetivo cubrir la producción nuclear y relevante de la ciencia mundial.

Como se ha mencionado anteriormente, *WoS* es un recurso multidisciplinar, y desde el cual es posible acceder actualmente a siete bases de datos que pueden ser consultadas conjunta o individualmente.

Las 3 primeras contienen la bibliografía citada por los autores de los distintos trabajos<sup>159</sup>:

- ✓ *Science Citation Index Expanded (SCI-Expanded)*, especializada en el área de las ciencias ofrece acceso a información bibliográfica y referencias citadas de cerca de 7000 revistas e incluye además 145 libros más citados, contiene datos desde 1945 hasta la actualidad, a partir de 1991 empiezan a introducirse los resúmenes de los autores.
- ✓ *Social Science Citation Index (SSCI)*, ofrece acceso a información bibliográfica y referencias citadas de unas 2.000 revistas y 30 libros del área de las ciencias sociales contiene datos desde 1956 hasta la actualidad, con resúmenes de los autores desde 1992.
- ✓ *Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)*, con más de 1200 revistas especializadas en el área de las Artes y Humanidades con datos desde 1975.

---

<sup>159</sup> FECYT. Portal de Acceso a la Web of Knowledge. Productos contratados. [En línea]. Disponible en: [http://www.accesowok.fecyt.es/?page\\_id=21#wos](http://www.accesowok.fecyt.es/?page_id=21#wos) [consulta: enero 2012]

La plataforma *WoK* incluye además, *Conference Proceedings*<sup>160</sup>, el cual es un índice de la documentación publicada en simposios, conferencias, seminarios, etc., su contenido consta de dos bases de datos, una especializada en el área de las ciencias y la otra en el área de las ciencias sociales y humanidades:

- *Conference Proceedings Citation Index - Science* (CPCI-S)
- *Conference Proceedings Citation Index - Social Sciences & Humanities* (CPCI-SSH)

También desde el *Web of Science* es posible acceder a las dos bases de datos de química siguientes:

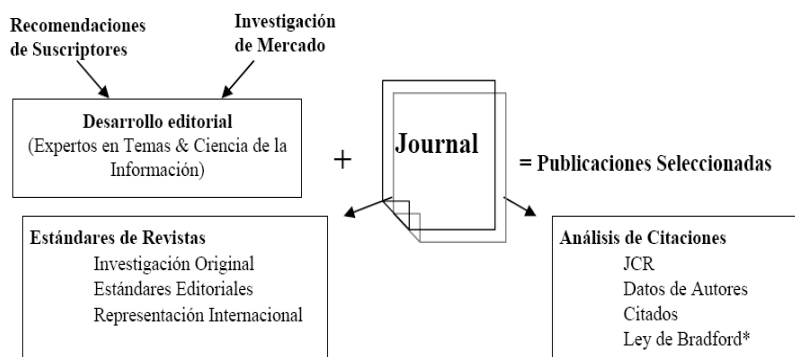
- *Index Chemicus* (IC)
- *Current Chemical Reactions* (CCR-Expanded)

En resumen, la información recogida en el *Web of Science* procede de cerca de 10.000 revistas de alto impacto, especializadas y de alto prestigio internacional del área de las ciencias, ciencias sociales, artes y humanidades. Las revistas están distribuidas en más de 230 disciplinas (*Subject Categorizing Listing*) contando en la actualidad con más de 37 millones de registros.

*Thomson Reuters* proporciona una cobertura completa de las revistas más importantes e influyentes del mundo. La selección de publicaciones para su inclusión en *Web of Science* se realiza según los criterios que se recogen en la siguiente figura (fig. 3.1).

---

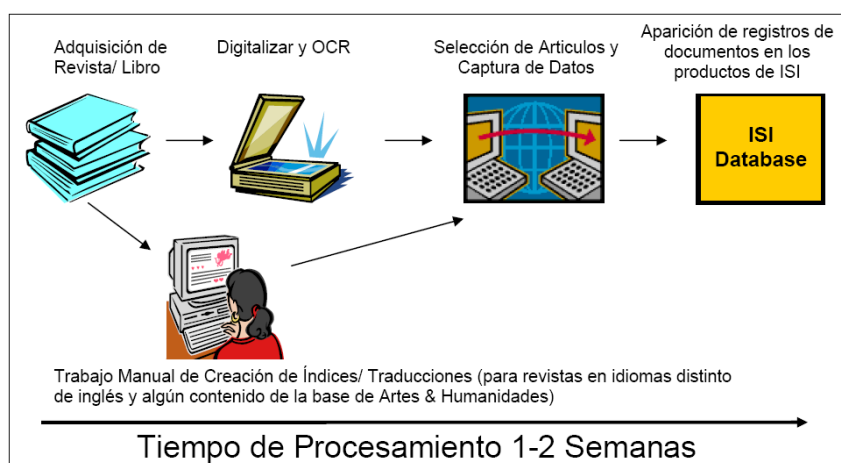
<sup>160</sup> En la recuperación de nuestros datos estaba en vigor la versión 7.10. Las bases de datos que ofrecía *WoS* entonces, eran *SCI-Expanded*, *SSCI*, *A&HCI*, *CCR*, *IC*).



\* La Ley de Bradford es el principio bibliométrico que establece que un número relativamente pequeño de revistas publican la mayor parte de los resultados científicos significativos.

**Figura 3.1. Selección de las publicaciones por Thomson Reuters<sup>161</sup>**

Tanto la evaluación como la selección de las revistas se desarrollan de forma continua. El proceso llevado a cabo para añadir o eliminar revistas de las distintas bases de datos se realiza cada dos semanas. La producción y extracción de la base de datos queda reflejado en la grafica de la fig. 3.2, que ilustra los procesos técnicos de creación de la *Web of Science*.



**Figura 3.2. Proceso de producción y extracción de revistas en las bases de datos de *Web of Science*<sup>162</sup>**

<sup>161</sup> Fuente: The Thomson Reuters Corporation.

<sup>162</sup> *Ibidem*

Los datos de la base de datos primaria se extraen mediante diversos programas de carga para crear los diversos productos. Cada año, el personal revisa más de 2000 títulos de revistas y selecciona en torno al 10-12% de las revistas evaluadas para su inclusión de las bases de datos.

Realiza un vaciado total de las revistas seleccionadas (indización exhaustiva de los documentos presentes en las revistas): toda la tipología documental que contiene la revista se vierte en la base de datos. La clasificación de los trabajos se hace en categorías temáticas.

Por otra parte, la cobertura de las revistas existentes está en constante revisión. Las ya indizadas, se revisan para asegurar que mantienen los altos estándares exigidos, así como que la relevancia de los productos que ofrece, estén cubiertos.

Muchos son los factores tenidos en cuenta a la hora de evaluar las revistas y van desde lo cualitativo a lo cuantitativo. Son considerados factores como: las normas básicas de publicación, su contenido editorial, la diversidad internacional de la autoría, o los datos de citas asociados a ella. Ningún factor se considera en forma aislada, sino que mediante la combinación y la interrelación de los datos, el editor es capaz de determinar tanto las fortalezas como las debilidades globales de la revista.

A continuación se detallan los criterios de selección de las publicaciones por parte de *Thomson Reuters*, a la hora de evaluar la inclusión o exclusión de títulos de sus bases de datos<sup>163,164</sup>.

- *Cumplimiento de estándares de publicación de revistas científicas*, como regularidad y puntualidad de la publicación; seguimiento de las convenciones editoriales internacionales sobre los títulos de las publicaciones, títulos de los artículos y resúmenes; información bibliográfica completa de las referencias citadas; dirección completa de cada autor; revisión por pares y, recomienda, que siempre que sea posible, publicar la información sobre la fuente de financiación que ha dado lugar al documento publicado en una determinada revista. En cuanto al idioma, aunque *Thomson Reuters* se centra en revistas

---

<sup>163</sup> The Thomson Reuters Corporation. [En línea]. Disponible en: [http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/journal\\_selection\\_process/](http://thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/journal_selection_process/) (consultado: noviembre 2011)

<sup>164</sup> Ruíz-Pérez, (2006), *op. cit.*

que publican el texto en inglés, recomiendan que todas las revistas deben tener las referencias citadas en el alfabeto latino.

- *Cobertura temática*: en el proceso de evaluación de una revista, *Thomson Reuters* determina si el contenido de ésta enriquecerá la base de datos o, por el contrario, ya está tratado adecuadamente en la cobertura existente
- *Diversidad internacional de los autores*: buscan la internacionalización tanto de los editores de la publicación como de los autores, ya que hoy día la investigación científica se lleva a cabo en un contexto mundial y es más probable que una revista con visión internacional tenga mayor importancia en la comunidad internacional de los investigadores. Pero también evalúan revistas de carácter más regional (nacionales) siendo los criterios de selección los mismos que los títulos con carácter más internacional: todas las revistas regionales seleccionadas deben publicar a tiempo, publicar en inglés la información bibliográfica (título, resumen, palabras claves) y los documentos publicados en la revista deben ser revisados. De la misma forma las referencias citadas han de ir en algún alfabeto latino.
- *Repercusión y visibilidad científica por medio del análisis de cita*. *Thomson Reuters* cuenta con gran cantidad de información sobre las citas y su disposición. Realizan el análisis de las citas sobre el volumen de citas recibidas por las publicaciones conforme lo expresa el FI. A su vez, capta todas las referencias citadas de cada una de las revistas incluidas pero también sobre las citas a revistas no indexadas en sus bases de datos. Este hecho es importante a la hora de evaluar la inclusión de nuevas revistas. También consideran los índices de autocita de las revistas.

## A) Características funcionales de las bases de datos WoS

Con respecto a la recuperación de la información destacamos las principales características que ofrecen las bases de datos de *WoS*:

- Posibilidad de registrarse en el sistema, lo que permite guardar historiales, crear alertas o acceder a bibliografías personalizadas en *EndNote Web*
- Permite realizar búsquedas simultáneas en todos los productos contratados (*All Databases*), o se pueden realizar directamente en una determinada base de datos
- Se pueden realizar búsquedas básicas: los campos por los que se puede realizar la búsqueda en el índice de temas son: palabras de los títulos,

palabras clave, *Key Words Plus*, resumen de Autor<sup>165</sup>; o búsquedas avanzadas (*Advanced Search*) que no permite crear consultas complejas mediante el uso de etiquetas (abreviaturas) de campo de dos caracteres y combinaciones de conjuntos (desde el historial)

- Se pueden guardar hasta 20 estrategias en un historial
- Tiene la función de *Análisis de resultados* que permite clasificar un conjunto de resultados de búsqueda según las categorías: Autor, Institución, País, Año de publicación, Título Fuente, Tipo de documento, Idioma y Área Temática<sup>166</sup>, lo que permite limitar los resultados a conjuntos de registros más precisos.
- Permite clasificar hasta 100.000 registros según las categorías anteriormente mencionadas, aunque las opciones de presentación *Display Options* sólo permite mostrar hasta 500 resultados.
- Facilita información estadística de los resultados incluyendo el índice h y permite analizar la actividad de citas para un conjunto de trabajos a lo largo del tiempo: citas recibidas por ese grupo de trabajos, total de citas una vez eliminadas las autocitas, media de cita por documento, gráfico con la distribución de la producción del conjunto de trabajos con el que se trabaja en el periodo de tiempo estudiado, gráfico que ilustra el número de citas recibidas por año a las publicaciones.
- Permite realizar búsquedas por referencias citadas.
- Guardar los resultados del análisis en ficheros para poder importarlo posteriormente (*Save Analysis Data to File*) desde cualquier otro programa informático: Excel, Access, procesadores de texto...
- Permite exportar un registro completo desde la página de resultados, o un conjunto de ellos incluidos en una lista marcada. Las posibilidades que permite son: Impresión de registros, envío de registros por correo electrónico, exportación de registros a *EndNote Web*, exportación de registros a otros gestores de referencias bibliográficas, guardar los registros en un archivo (de texto, en html)

La figura 3.3.a muestra un modelo de registro capturado en la que se puede observar la información que nos facilita: el título en inglés (si el título estuviese en otro idioma se traduce al inglés); todos los nombres de los autores; el resumen del trabajo

---

<sup>165</sup> Nota: en la actualización de *Web of Knowledge* de 2008 se incluyen índices de búsqueda por filiación (Address).

<sup>166</sup> El área temática se refiere a la categoría temática a nivel de la revista. Todos los artículos publicados en una revista recibirán la misma categoría designada a la revista.

(capturado de la revista que, si no estuviese en inglés, no se traslada al registro); las palabras claves (de los autores); las *Keywords Plus*, que derivan tanto del título como de las referencias citadas; las direcciones de todos los autores así como la dirección del correo-e y dirección del autor que envía el documento.

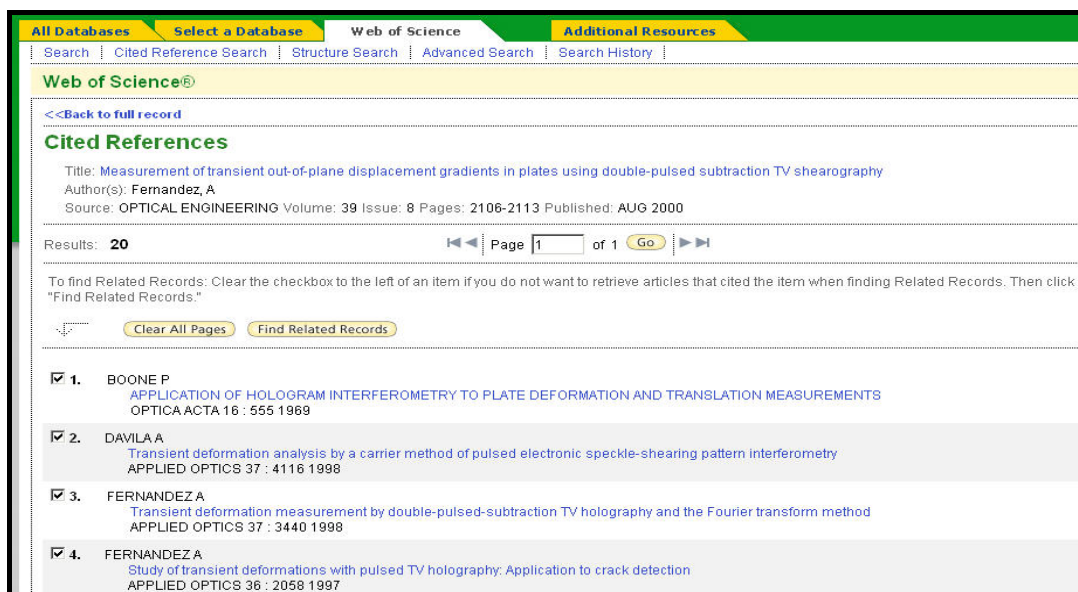
Del mismo modo, en la figura se puede observar (parte derecha de la imagen) datos sobre las citas recibidas y las citas dadas por el documento (referencias).

The screenshot shows a Web of Science record page. At the top, there are navigation tabs: 'All Databases', 'Select a Database', 'Web of Science', and 'Additional Resources'. Below these are search options: 'Search', 'Cited Reference Search', 'Structure Search', 'Advanced Search', 'Search History', and 'Marked List (0)'. The main title of the record is 'Measurement of transient out-of-plane displacement gradients in plates using double-pulsed subtraction TV shearography'. Below the title, there are buttons for 'Full Text', 'Links', 'Holdings', 'Go', 'Print', 'E-mail', 'Add to Marked List', 'Save to EndNote Web', and 'Save to EndNote, RefMan, ProCite'. The author information lists: 'Author(s): Fernandez A, Doval AF, Kaufmann GH, Davila A, Blanco-Garcia J, Perez-Lopez C, Fernandez JL'. The source is 'OPTICAL ENGINEERING', Volume 39, Issue 8, Pages: 2106-2113, Published: AUG 2000. The abstract states: 'We report a technique for the measurement of transient out-of-plane displacement gradients in plane objects by double-pulsed subtraction TV shearography. The fringe patterns are automatically and quantitatively analyzed by the Fourier transform method. A novel optical setup based on the separation and further recombination of illumination beams is demonstrated for the generation of carrier fringes. The principle of the proposed technique is theoretically described, and its immunity to environmental disturbances is discussed. Experimental results obtained with a metallic plate excited by the impact of a piezoelectric transducer are presented. (C) 2000 Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. [00091-3286(00)02908-1]'. The document type is 'Article', language is 'English', and keywords include 'metrology, speckle interferometry, shearography, shock'. The key words plus are 'FOURIER-TRANSFORM METHOD, SHEARING PATTERN INTERFEROMETRY, DEFORMATION ANALYSIS, HOLOGRAPHY'. The reprint address is 'Fernandez, A (reprint author), Univ Vigo, Dept Engrn Design, Escuela Tecn Super Ingn Ind, Campus Univ Lagoas Marcosende, E-36200 Vigo, Spain'. The addresses listed are: 1. Univ Vigo, Dept Engrn Design, Escuela Tecn Super Ingn Ind, E-36200 Vigo, Spain; 2. Univ Vigo, Dept Appl Phys, Escuela Tecn Super Ingn Ind, E-36200 Vigo, Spain; 3. Univ Naci Rosario, Inst Fis, RA-2000 Rosario, Argentina; 4. Consejo Naci Invest Cient & Tecn, RA-2000 Rosario, Argentina; 5. Ctr Invest Opt, Leon 37000, Gto Mexico. The publisher is 'SPIE-INT SOCIETY OPTICAL ENGINEERING, 1000 20TH ST, PO BOX 10, BELLINGHAM, WA 98225 USA'. The subject category is 'Optics', the IDS number is '344AD', and the ISSN is '0091-3286'. On the right side, there is a 'Cited by: 5' section with a list of citing articles, a 'References: 20' section, and an 'Additional information' section.

Figura 3.3a. Modelo de registro capturado de las bases de datos WoS

La figura 3.3b muestra el conjunto de referencias que contiene el documento a las cuales se puede acceder para obtener mayor información. La información facilitada está relacionada con la lista de referencias citadas mostradas en orden alfabético por el primer autor; los títulos de las referencias con los accesos directos (*links*) a los documentos referenciados. Las referencias son indexadas tal como se recogen de las revistas. Los títulos de las revistas y de los libros están recogidos de forma abreviada.





**Figura 3.3b. Modelo de registro capturado de las bases de datos WoS**

En general, tiene una interfaz clara e intuitiva, lo que permite a un usuario no especializado realizar búsquedas sin mayor complicación.

Las bases de datos contenidas en WoS presentan aspectos positivos pero a la par tienen limitaciones y/o sesgos.

## B) Ventajas

De forma general, una de las principales ventajas que ofrece WoS es la amplia selección, en constante revisión, de las principales revistas científicas de ámbito internacional y que son las utilizadas por la gran mayoría de los investigadores para publicar los resultados de sus investigaciones; de otro, porque indexa la filiación de todos los autores (origen institucional y geográfico) que firman el documento, lo que permite el análisis de la colaboración científica y, particularmente la recuperación de la información base de este trabajo: en el campo de filiación (etiqueta *Address (AD)*) aparecen todas las instituciones participantes en la elaboración del documento.

Ofrece tanto las referencias de un documento como información sobre las citas recibidas por ese documento, lo que facilita tanto el análisis de citas como establecer redes de co-citación y crear indicadores de impacto. Estas bases de datos contienen los *Índices de Citas* y permiten buscar y recuperar información por cualquier nombre



de autor/coautor de un trabajo aunque éste no sea el que figura en primer lugar. De la misma forma, se puede buscar por materias, organismos, ciudades o países.

Son bases de datos multidisciplinares y la selección de las revistas que cubre se hace atendiendo a criterios de calidad científica, formal y reconocimiento por parte de la comunidad científica a través de las citas recibidas<sup>167</sup>.

### C) Limitaciones

Cómo en muchas otras bases de datos internacionales, en las de *WoS*, existen limitaciones y sesgos<sup>168</sup>.

Existe un sesgo lingüístico y geográfico a favor de las revistas anglosajonas. El resto de los países están representados de forma desigual en la base de datos. La justificación de este hecho está en que Thompson, pretende ofrecer un panorama que represente a la ciencia internacional, por lo que selecciona la revista por su interés internacional y no local<sup>169</sup>. Según la propia empresa, su compromiso es brindar una cobertura integral de las revistas especializadas internacionales más importantes e influyentes para atender las necesidades de conocimiento y obtención de información retrospectiva de sus suscriptores<sup>170</sup>.

Existe un sesgo temático y/o disciplinar: prevalecen las revistas con contenidos de disciplinas básicas a las aplicadas y con una cobertura mayor de las ciencias biomédicas.

Existen problemas de normalización, detectándose las mayores deficiencias en la normalización de las autoridades (autor / institución); campo importante sobre todo en la recuperación de los datos ya que su finalidad es la de reunir todos los trabajos de un autor bajo un mismo punto de acceso, o recuperar toda la producción científica asociada a una institución. Esto es aún más difícil en el caso de los nombres de autores de lengua latina, debido a la complejidad de su estructura y a las posibles combinaciones. Todo ello se agrava al utilizar estas bases de datos criterios de indización de las estructuras anglosajonas.

---

<sup>167</sup> Bordons, (1999), *op. cit.*

<sup>168</sup> Véase, entre otros, Bordons y Zulueta, (1999) o Ruíz-Pérez (2006), *op. cit.*

<sup>169</sup> Bordons, (1999), *op. cit.*

<sup>170</sup> [http://www.thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/journal\\_selection\\_process/](http://www.thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/journal_selection_process/)

### 3.1.2.2 Fuentes institucionales y documentales

Antes de comenzar a realizar las búsquedas y recuperación de la información en las bases de datos, se realizan una serie de tareas previas encaminadas a localizar información sobre las distintas instituciones que acogen a los investigadores de los trabajos que pretendemos recuperar. Así se necesitó obtener información de las universidades y departamentos con áreas de Ingeniería Química, para posteriormente intentar localizar los distintos nombres de los autores.

Los pasos llevados a cabo están agrupados en relación a la localización de la siguiente información:

- las universidades públicas españolas que contienen el área de Ingeniería Química
- nombre de los departamentos que contienen el área de IQ
- datos sobre la plantilla de personal de los distintos departamentos

#### a) Universidades

La primera tarea fue recopilar información sobre las universidades públicas españolas al objeto de recabar información sobre las mismas. La segunda tarea estaba encaminada a obtener información sobre las universidades que tenía en sus planes de estudios el título de Ingeniero Químico<sup>171</sup> así como sobre el Centro (Facultad o Escuela) donde se impartía dicha titulación.

Para la obtención de estos datos se utilizaron como recursos de información, principalmente, los portales siguientes:

- ✓ Ministerio de Ciencia e Innovación<sup>172</sup>, <http://www.educacion.es/>. Contiene información relacionada con educación y dentro del portal, en el espacio dedicado a Universidades, se halla toda la información concerniente a las titulaciones ofertadas y dónde estudiarlas. Facilita, a su vez, enlace con los portales de las distintas universidades.

<sup>171</sup> Si se imparte el título de IQ necesariamente hay un área de IQ.

<sup>172</sup> En la actualidad, Mº de Educación, Cultura y Deporte: <http://www.educacion.gob.es> [consulta: marzo 2012]

- ✓ El portal de Universia (<http://www1.universia.es/EstudiosXXI/>). Ofrece información sobre el Sistema Universitario Español y posibilita la búsqueda por titulación. Ofrece relación de todas las Universidades Españolas y los Centros en las que se impartía, entre otros, el título de IQ. Ofrece relación de todas las titulaciones universitarias que se ofertan en España.

Y completa la información:

- ✓ Los distintos portales institucionales de las universidades españolas.

## b) Departamentos

Pero no todas las universidades impartía el título de Ingeniero Químico por lo que, además, se han de buscar aquellas universidades que aún no teniendo entre sus planes de estudio el de Ingeniería Química, contenga el área de IQ en alguno de sus Departamentos<sup>173</sup>.

Por tanto, la siguiente tarea a realizar, fue la de obtener el nombre de los departamentos que acogen el área de IQ. Dicha información fue obtenida, en unos casos, de la propia web de la Universidad; en otros, de la página web del Departamento.

Si no fuese posible obtener la información por dicha vía, se buscaba en las Memorias de Investigación de los distintos departamentos de la universidad<sup>174</sup>.

Las fuentes de información utilizadas para este apartado son varias. Por un lado, partimos de la información del siguiente directorio:

- Directorio de Departamentos de Ingeniería Química de las Universidades Españolas (Mayo, 1998): Producto elaborado por la Universidad Jaume I. Recopila información, en esa fecha, sobre las Universidades Españolas con IQ:

---

<sup>173</sup> Se mirará Universidad por Universidad y Centro a Centro. Nos vale como referencia que el área imparte docencia, aparte de en la IQ, en otras titulaciones como: Química, Enología, Medio Ambiente, Tecnología de los Alimentos, etc.

<sup>174</sup> Muy pocas universidades ofrecían vía web las memorias de investigación actualizadas de sus departamentos. En la mayoría de los casos o no se tenía acceso a ellas o se correspondían con años anteriores. Este hecho es debido, principalmente, a la tendencia seguida por algunas universidades, de publicar la producción científica de los grupos de investigación, sin mencionar, en la mayoría de los casos, a qué área de conocimiento corresponden los investigadores que participan en dicha producción.

nombre del Departamento, nombre del Centro o Centros donde imparten docencia el Departamento, datos sobre la plantilla, etc.

Aunque la información que ofrece no se corresponde con el periodo de tiempo estudiado, sí facilita información relacionada con los distintos departamentos.

En segundo lugar y para actualizar y completar la información recabada a través del directorio anterior, tenemos

- Listados o directorios de Departamentos de IQ que recopilan y ofrecen en sus páginas web información sobre otros Departamentos de Ingeniería Química. Así, utilizamos, en su momento, la información facilitada por Departamentos como son los de la Universidad de Almería, Granada, Jaime I o Complutense de Madrid.

Todos estos datos, una vez contrastados y unificados, se muestran en la tabla 3.1. La tabla detalla la relación de universidades que contienen, en alguno de sus departamentos, el Área de Ingeniería Química, así como el nombre del departamento y la CCAA a la que pertenece la Universidad.

Es necesario mencionar que se han respetado los nombres actuales de los departamentos, aunque hayan sufrido variaciones a lo largo del periodo de años estudiado, si bien se ha de advertir que si, durante el transcurso de ese tiempo, hubiesen existido variaciones en el nombre del departamento, se tuvo en cuenta para la recuperación de los datos de los mismos.

Tabla 3.1. Departamentos universitarios españoles con área de IQ

CCAA	Universidad	Departamento
<b>Andalucía</b>	Almería	Ingeniería Química
	Cádiz	Ing. Química, Tecnol Alimentos y Tecnol Medio Ambiente
	Córdoba	Química Inorgánica e Ingeniería Química
	Granada	Ingeniería Química
	Huelva	Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica
	Jaén	Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales
	Málaga	Ingeniería Química
	Pablo de Olavide	Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica
Sevilla	Ingeniería Química	
	Ingeniería Química y Ambiental	
<b>Aragón</b>	Zaragoza	Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente
<b>Asturias</b>	Oviedo	Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente
<b>Cantabria</b>	Cantabria	Ingeniería Química y Química Inorgánica
<b>Castilla y León</b>	Burgos	Biotechnología y Ciencias de los Alimentos
	León	Química y Física Aplicadas
	Salamanca	Ingeniería Química y Textil
	Valladolid	Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente
<b>Castilla-La Mancha</b>	Castilla-La Mancha	Ingeniería Química
<b>Cataluña</b>	Autónoma de Barcelona	Enginyeria Química
	Barcelona	Enginyeria Química
	Girona	Ingeniería Química, Agraria y Tecnología Agroalimentaria
	Lleida	Química
	Politécnica de Cataluña	Enginyeria Química
	Ramón Llull	Enginyeria Química
	Rovira i Virgili	Enginyeria Química
<b>Extremadura</b>	Extremadura	Ingeniería Química y Energética
<b>Galicia</b>	A Coruña	Ingeniería Industrial II
	Santiago de Compostela	Enxeñaría Química
	Vigo	Enxeñaría Química
<b>Islas Baleares</b>	Illes Balears	Química
<b>Islas Canarias</b>	La Laguna	Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica
	Las Palmas de Gran Canaria	Ingeniería de Procesos
<b>La Rioja</b>	La Rioja	Química
<b>Madrid</b>	Alcalá	Química Analítica e Ingeniería Química
	Autónoma de Madrid	Química Física Aplicada
	Carlos III de Madrid	CC experimentales e Ingeniería Química
	Complutense de Madrid	Ingeniería Química
	Politécnica de Madrid	Ingeniería Química y Combustibles
		Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente
		Física y Química Aplicada a la Técnica Aeronáutica
Rey Juan Carlos	Química Industrial y Polímeros	
Rey Juan Carlos	Tecnología Química y Ambiental	
<b>Murcia</b>	Murcia	Ingeniería Química
	Politécnica de Cartagena	Ingeniería Química y Ambiental
<b>Navarra</b>	Pública de Navarra	Química Aplicada
<b>País Vasco</b>	País Vasco	Ingeniería Química y Medio Ambiente
		Ingeniería Química
		Química Aplicada
<b>Valencia</b>	Alicante	Ingeniería Química
	Jaume I	Enginyeria Química
	Miguel Hernández	Agroquímica y Medio Ambiente
	Politécnica de Valencia	Enginyeria Química i Nuclear
	Valencia	Enginyeria Química

### c) Autores

Para la localización de los datos del profesor/investigador adscrito al área de Ingeniería Química de las distintas universidades, fue necesario recurrir a fuentes tanto institucionales como Documentales.

Las fuentes a las que se recurrió fueron, principalmente:

- ✓ MEC: Profesorado Funcionario, 2004. Contiene listado de los profesores “funcionarios de carrera” de todas las áreas de conocimiento en el año 2004.
- ✓ Directorios de personal contenido en los distintos portales de las universidades (en la web institucional): páginas correspondientes a los grupos de investigación; memorias de investigación, si estuviesen disponibles, etc.
- ✓ Y los mencionados anteriormente para los departamentos.

Para la elaboración de esta Memoria de Tesis no se ha hecho distinción entre las distintas categorías profesionales del investigador, ya sean de plantilla o contratado, doctor o no doctor, catedrático o titular, a tiempo completo o parcial. El motivo no es otro que la dificultad de hallar toda la información al respecto, ya que no es posible obtener datos fiables y actuales de las distintas plantillas del personal investigador de los distintos departamentos.

## 3.2 Método

### 3.2.1 Introducción

Nos referimos al término *método* como aquel proceso utilizado para elaborar el estudio que se describe en esta memoria.

En cualquier tipo de investigación es obligado seguir unos procedimientos que permiten alcanzar los objetivos planteados. La consecución de estos objetivos no es posible si no se sigue un método, el método científico. Este método es incapaz, por sí mismo, de resolver todos los problemas de la investigación, ya que es imposible encontrar un patrón que indique el camino a seguir. El método científico presenta una variedad de procedimientos y actividades que, además, pueden realizarse en orden secuencial no siempre idéntico. Esto indica que son diferentes las dificultades que, frente a un objeto u otro de estudio, pueden presentarse, lo que lleva a adecuar el método concreto a cada problema planteado<sup>175</sup>.

En el diccionario de la Real Academia Española<sup>176</sup> encontramos definidos los conceptos de Método y Científico en los siguientes términos: *Método*: procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla. *Científico*: que tiene que ver con las exigencias de precisión y objetividad propias de la metodología de las ciencias.

La investigación científica, siguiendo el método concreto de la ciencia:

- ✓ es un proceso que surge de problemas que despiertan la curiosidad del ser humano y comienza cuando se es consciente de la existencia de un problema
- ✓ es obra de un intento por encontrar algo inédito o el resultado de una nueva explicación de los hechos y objetos de conocimiento

---

<sup>175</sup> En este apartado se sigue, principalmente, la obra del Prof. Carlos Sabino: Sabino, C. (1992). El proceso de investigación. Caracas: Ed. Panapo, 216 p. [En línea]. Disponible en: <http://masterusal.campus-online.org/Archivos/tic/Procinvest.pdf> [consulta: enero 2012]

<sup>176</sup> Real Academia Española. [En línea]. Disponible en: <http://www.rae.es> [consulta: marzo 2012]

- ✓ supone, por un lado, una actitud creadora y un sostenido esfuerzo<sup>177</sup>; por otro, una adecuada metodología, una reflexión analítica y crítica del modelo puesto en práctica en el desarrollo de la investigación y en la prueba de los resultados.

Así, partimos del concepto de *método*, con el significado general de *modelo lógico que se sigue en cualquier tipo de investigación*, utilizando los términos *técnicas y procedimientos* para hacer alusión a aspectos más específicos y concretos del método.

Este método sigue un procedimiento entendido como aquellas actividades que se realizan para conseguir los objetivos y que puede variar según la investigación, el objeto de estudio y el problema planteado.

El método científico utiliza a su vez, técnicas específicas (en ByD: recuperación de la información, técnicas estadísticas, etc.) y/o unas leyes y modelos establecidos (indicadores, leyes bibliométricas, etc.). Utiliza unas fuentes determinadas entendidas como material del que obtenemos los datos y se sirve de herramientas para procesar y analizar los datos obtenidos.

Antes de llegar a los procedimientos que se establecen para la consecución del fin propuesto, en primer lugar se ha de realizar una planificación del trabajo.

Se parte con una primera fase con la que se inicia el proceso de planificación (fase teórica). En esta fase se elige el tema a desarrollar, las preguntas que nacidas desde la observación llevan a la elección del mismo. Se sigue con el estudio de la bibliografía pertinente, después hay que delimitar el tema de investigación haciendo distinción entre lo que es sujeto y objeto del trabajo.

De la misma forma se define qué es lo que se quiere saber y con respecto a qué hechos, planteando el modelo teórico del que se parte y que se tendrá que verificar con la investigación.

En la segunda fase se definen los procedimientos que permitan, por un lado, formular un modelo operativo que permita acercarse al objeto de estudio y conocerlo

---

<sup>177</sup> *La ciencia: cinco por ciento de inspiración y noventa y cinco por ciento de transpiración.* [Atribuido a Albert Einstein].



en lo posible; por otro, es preciso encontrar métodos específicos que permitan confrontar teoría y hechos. De la misma forma se han de elaborar sistemas de comprobación que sean confiables.

En la tercera fase es donde se aborda el planteamiento de procedimientos concretos que permitan recolectar y organizar la información que se necesita. Es el momento en el cual se proyecta el trabajo práctico de la obtención de los datos (como el estudio de las fuentes de información necesarias). Es el momento de plantear y de poner a punto aquellas técnicas e instrumentos que se emplearán en la investigación.

Termina el plan de trabajo con el momento de síntesis que tiene por cometido la elaboración de los nuevos conocimientos para poder efectuar inferencias.

El esquema anterior presenta una descripción genérica del modelo del proceso de investigación. Sirve como planificación general del proceso de trabajo para posteriormente, revisarlo y adecuarlo a los objetivos del trabajo.

A partir de aquí queda la tarea de fijar etapas específicas dentro del proceso: se necesita un modelo preciso que detalle todo el proceso a llevar a cabo para la consecución de los objetivos propuestos y la finalidad del trabajo. Se delimitarán las operaciones concretas que se realizan, detallando las fuentes de información, las técnicas, modelos y herramientas utilizadas.

Por tanto, queda confeccionar un esquema sobre las actividades que implica la investigación. Este esquema intentará servir como modelo del proceso y estaría formado por una serie de pasos o etapas.

No se pretende confeccionar un modelo formal y restrictivo. No es un molde de procedimientos que puede adquirir un carácter burocrático. La libertad y la creación tienen un papel central: no hay, ni puede haber, ninguna receta que garantice un resultado positivo para el trabajo, por cuanto las dificultades y los imprevistos son tantos que impiden alcanzar una planificación completa al proceso<sup>178</sup>.

---

<sup>178</sup> *...investigar es una tarea casi artesanal en la que es preciso unir el pensamiento riguroso a la imaginación, la disciplina del trabajo a la inspiración, en dosis variables según las circunstancias* (Wright Mills. La imaginación sociológica. Ed. Fondo de cultura Económica, México, 1967).

Únicamente pretende ser una guía a tener en cuenta de los principales aspectos que intervienen en el proceso. Es un conjunto de esquemas, de pasos sucesivos que intentan describir las etapas.

Carlos Sabino manifiesta que una de las principales características de la propuesta del esquema es que no ha de ser lineal, poniendo de relieve que la investigación tiene un carácter dinámico, de modo que no se conciba al proceso con un principio y fin totalmente definidos<sup>179</sup>. El modelo de trabajo debe plantear etapas paralelas en su desarrollo, ha de mostrar que no hay un orden único en el trabajo sino que existen tareas que se desarrollan de modo simultáneo, que se complementan y determinan mutuamente.

Llegado a este punto es momento de pasar de la teoría (Modelo del Proceso) a la práctica, Esquema General del Proceso de Trabajo, donde se proponen tareas específicas para llevar a cabo cada etapa, describiéndose las fuentes utilizadas, herramientas y técnicas para su desarrollo.

Por tanto, comienzan a concretarse cada una de las etapas llevadas a cabo, para la consecución y finalidad pretendida, describiéndose las tareas que permitan completarla y que quedan resumidas en los cuadros siguientes:

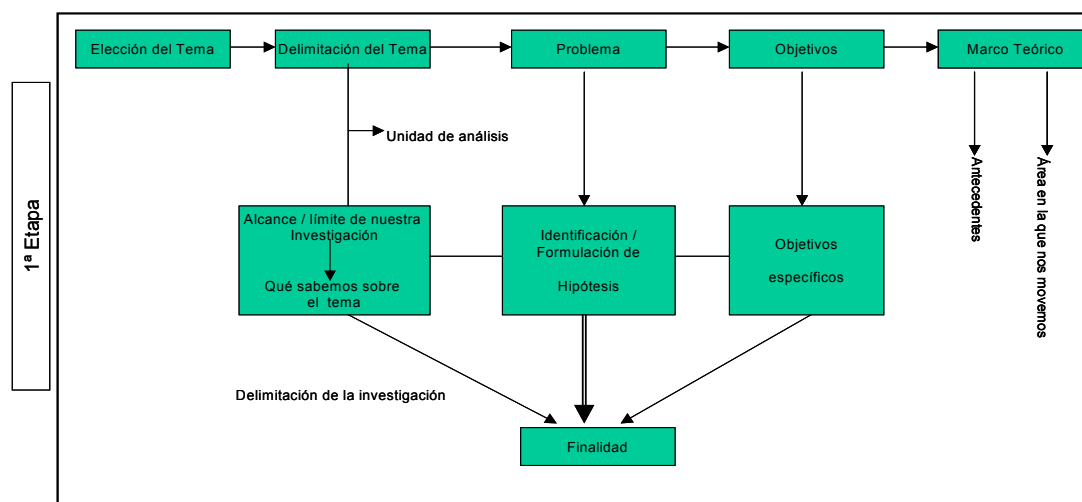


Figura 3.4a Esquema General del Proceso de Trabajo. 1ª Etapa

<sup>179</sup> Sabino, (1992), *op. cit.*

Todo trabajo de investigación parte de la observación de unos hechos o del descubrimiento de un problema determinado que se pretende resolver (hipótesis). De este hecho parte la finalidad o propósito del trabajo, con lo que el tema está elegido.

Establecida la finalidad que se pretende, se define el tema del trabajo: el objeto y el sujeto de estudio para, con posterioridad, delimitar el mismo así como enmarcarlo en una disciplina concreta: se ha de limitar el tema; se ha de poner límites a la investigación, establecer el alcance del estudio a la vez que enmarca el objeto de estudio. Por otro lado se ha de preguntar qué se sabe sobre el tema elegido, y qué se ha estudiado con anterioridad sobre el mismo, para lo cual se ha de estudiar el marco bibliográfico existente sobre el tema: se han de estudiar los antecedentes<sup>180</sup>.

Una vez definidas tanto la hipótesis de partida como la finalidad del trabajo es preciso definir los objetivos específicos que llevarán a alcanzar la finalidad propuesta y de esta forma verificar o refutar la hipótesis de la que se parte.

Estos objetivos han de ser, en todo caso, consecuentes en su realización con los medios disponibles para la realización del trabajo. Es necesario detallar aquellas técnicas, modelos, leyes, etc. con que se cuenta. Se ha de determinar el marco teórico dónde se mueve la investigación. Hay que redefinir los objetivos y cambiar la finalidad del trabajo, si es necesario.

En la segunda etapa del proceso, donde se diseña la investigación, se detallan todas las tareas precisas y se estudian las fuentes de información a utilizar<sup>181</sup>: Se proponen las ecuaciones de las distintas búsquedas y se prueba con una parte de la unidad de análisis. Una vez comprobado el funcionamiento de la recuperación de información se procede a la obtención de los datos para posteriormente tratarla y procesarla.

---

<sup>180</sup> Objeto: el producto de la investigación; sujeto: investigadores universitarios españoles del área de IQ.

<sup>181</sup> Fuentes consideradas como materiales; fuentes de información de las que nos nutrimos para la obtención de los datos.

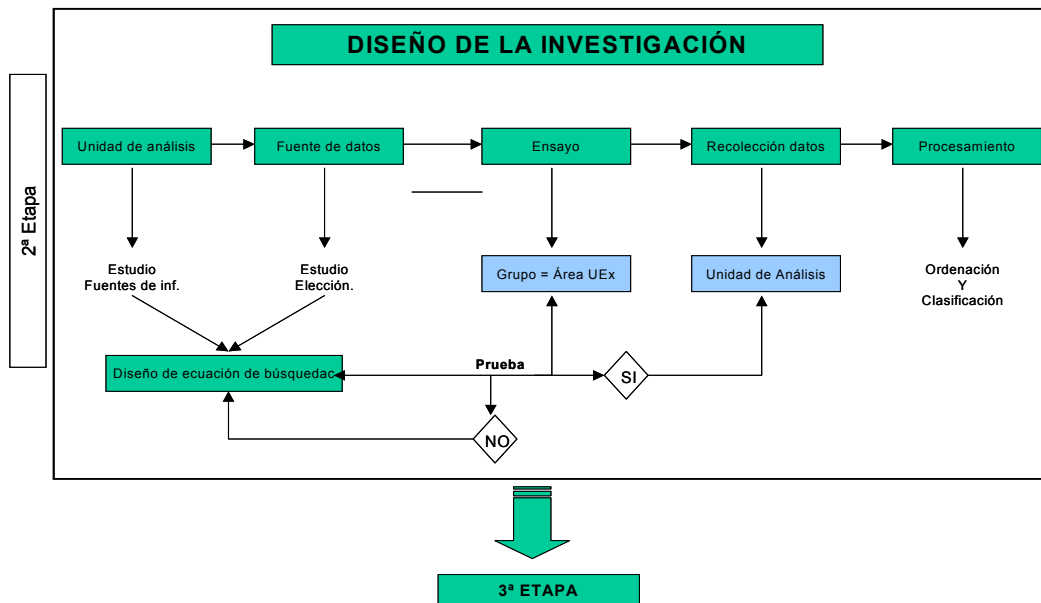


Figura 3.4b Esquema General del Proceso de Trabajo. 2ª Etapa

La tercera etapa consistió en revisar, recapitular, estudiar la información obtenida y verificar si los datos son válidos para llevar a cabo el estudio.

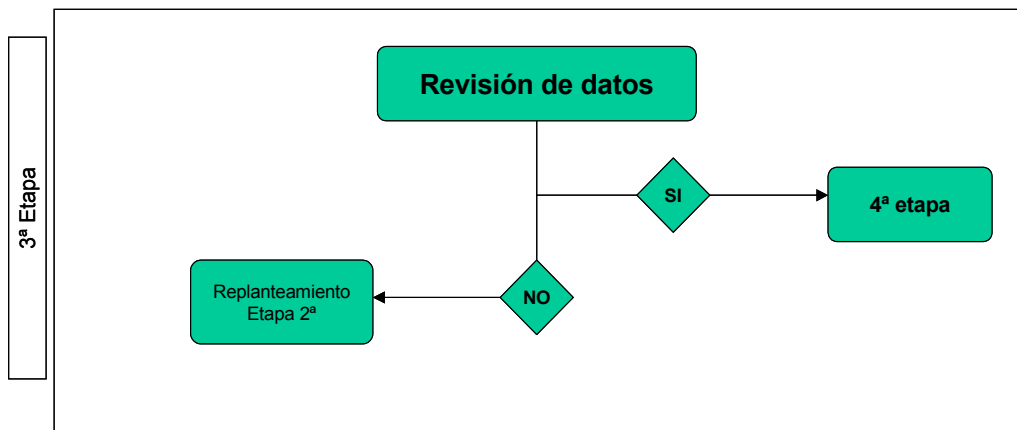


Figura 3.4c Esquema General del Proceso de Trabajo. 3ª Etapa

Si los datos recuperados no se adecuan a lo propuesto (o se ha olvidado algún paso, o se pierden datos) se ha de retroceder, replantear la etapa y obtener los datos de nuevo.

Si en la tercera etapa los datos se dan por válidos, se pasa a una cuarta, donde se analizan mediante una serie de técnicas.

La quinta etapa es aquella donde se han de revisar las técnicas utilizadas, si son las adecuadas a los datos o no, para, si es posible, llegar a la 6ª etapa.

La sexta etapa es la última y en ella se trata de comparar los resultados del estudio con otros similares (discusión), así como obtener conclusiones e inferencias de ellos.

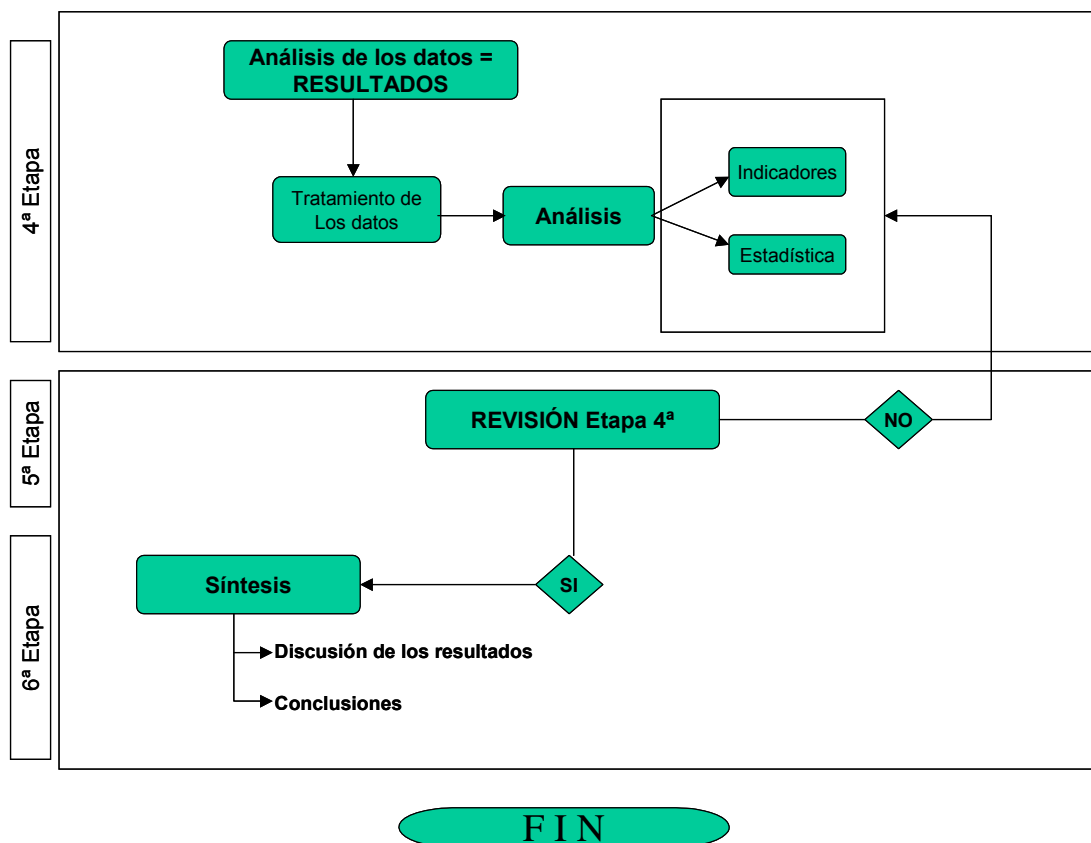


Figura 3.4d. Esquema General del Proceso de Trabajo. Etapas 4ª-6ª

## 3.2.2 Herramientas para el análisis

En este subapartado se relacionan las herramientas principales utilizadas para el análisis de los datos. Herramientas entendidas como el software necesario para el tratamiento de los datos y su posterior análisis. Se mencionan también aquellas otras, que no teniendo el tratamiento de fuente de datos sí son necesarias para recabar información necesaria para la obtención de los resultados (JCR).

### 3.2.2.1 Herramientas Informáticas



Para la redacción de la memoria de tesis se utiliza el software Office Word 2007, de Microsoft Office



Para la confección de figuras se utiliza el software PowerPoint 2007, de Microsoft Office



Tanto para la importación de los datos obtenidos desde *WoS*, su tratamiento y gestión de los mismos, se utilizó Excel 2007, de la empresa Microsoft Office.

A parte del tratamiento de los datos y su gestión, este programa ha sido utilizado para el análisis estadístico de los datos y representación gráfica del mismo, así como herramienta para el análisis bibliométrico. El paquete de Microsoft office es utilizado bajo la licencia de la Universidad de Extremadura.

### 3.2.2.2 Gestión bibliográfica



*EndNote Web* (Thomson Reuters) es una herramienta bibliográfica que nos ofrece *WoK*. Gestor de referencias basado en web diseñado para la ayuda tanto a investigadores como estudiantes a gestionar sus bibliografías.

Una característica importante para nuestro estudio es que está diseñado para funcionar de forma simultánea con *ISI Web of Knowledge*, este hecho es importante a la hora de la actualización de las citas.

Facilita la recuperación de referencias mediante la exportación directa desde las bases de datos de *WoK* y permite, entre otras posibilidades, compartir las referencias con otros usuarios de *EndNote Web* lo cual facilita la colaboración entre los mismos. Nos permite crear nuestra propia bibliografía, almacenando un volumen de hasta 10.000 referencias.

### 3.2.2.3 Software de análisis de redes

El uso de las ideas y herramientas de la rama de las matemáticas conocida como teoría de grafos ha ayudado a desarrollar una gran cantidad de herramientas y software de análisis.

En nuestro estudio se han analizado las redes de colaboración, tanto entre las Universidades como la colaboración de estas con entidades internacionales. Para su análisis se han utilizado el software *UCINET 6.258* y *NetDraw 2.091* para la generación de grafos de redes.

#### **UCINET 6**

Social Network Analysis Software

El software seleccionado para realizar este análisis es **Ucinet 6** para Windows (versión 6.258). Su creador, el profesor Steve Borgatti, del *Gatton College of Business and Economics, University of Kentucky*. UCINET está concebido para el entorno Windows y es una de las herramientas más utilizadas para el Análisis de Redes Sociales.

El paquete completo contiene tres programas básicos<sup>182</sup>: Ucinet, el Spreadsheet y el NetDraw, que cumplen papeles diferentes y complementarios, tal y como se describe a continuación:

- **Ucinet.** Programa central que calcula los indicadores del Análisis de Redes y que, a partir de su barra de herramientas, es posible acceder a los otros programas directamente.
- **Spreadsheet.** Planilla que permite capturar los datos relacionales bajo forma de matrices de adyacencia o de atributos y que cuenta con herramientas para el análisis matricial previo al cálculo de indicadores y análisis gráfico.

---

<sup>182</sup> ARS Chile, Redes Sociales. Primeros pasos con Ucinet 6. [En línea]. Disponible en: <http://www.arschile.cl/ucinet/> [consulta: diciembre 2011]

- **NetDraw.** Programa gráfico versátil destinado a la visualización de las Redes Sociales. Este permite observar a los diferentes actores de una red, con sus relaciones y características propias, en forma de grafos (gráficos de red) simples (2 dimensiones).

Spreadsheet es el programa asociado a Ucinet que permite capturar los datos bajo la forma de una matriz. Spreadsheet se presenta como una planilla de cálculo y es compatible con las funciones “copiar” y “pegar” de Excel.

#### 3.2.2.4 Journal Citation Reports (JCR)

Es una de las base de datos de *ISI Web of Knowledge*. Evalúa las revistas de ciencia y tecnología por un lado, y las de ciencias sociales por otro, en función de su factor de impacto (basado en el análisis de las citas que publican y que reciben las publicaciones), vida media e índice de inmediatez.

Alcance cronológico: desde 1987 hasta la actualidad.

El JCR es una de las herramientas más utilizada para el análisis de la actividad investigadora para la evaluación, el factor de impacto de las publicaciones e índice de impacto mediante las citas.

Acumula y tabula el número de citas y artículos de prácticamente todas las especialidades de las ciencias, la tecnología y las ciencias sociales.

Para comparar las revistas y determinar cuáles son las más significativas, el *Journal Citation Reports* muestra:

- Las revistas citadas con mayor frecuencia en un campo
- Las principales revistas en un campo
- Las revistas de mayor impacto en un campo
- Los artículos más publicados en un campo
- Los datos de categorías temáticas para realizar pruebas comparativas



### 3.2.3 Recuperación de la información

Rafael Capurro<sup>183</sup>, citando a Griffith<sup>184</sup>, recoge una definición clásica de la Ciencia de la Información y dice que ésta tiene como objeto la producción, recolección, organización, interpretación, almacenamiento, recuperación, diseminación, transformación y uso de la información.

Dentro de la Ciencia de la Documentación, se considera a la recuperación de la información como *la aplicación del conjunto de técnicas, métodos y actividades para buscar, localizar y recuperar de una manera eficiente en los diversos SRI la información relevante que requiere el usuario, y satisfacer así su necesidad de información*<sup>185</sup>.

Para Lluís Codina<sup>186</sup>, la recuperación de información es una operación que consiste en la interpretación de una necesidad de información con el fin de seleccionar los documentos más relevantes capaces de solucionarla.

Así, el principal objetivo en la recuperación de la información será encontrar, de forma automática y a través de una consulta, un conjunto de documentos relevantes que den respuesta a la consulta planteada: los documentos relevantes dentro de la colección en la que se busca.

Siguiendo con el Profesor Codina, tenemos que la recuperación de información consiste en un proceso en el cual intervienen tres elementos<sup>187</sup>:

- ✓ una colección de *ítems* de información (*documentos*), que están registrados en un depósito de información (*base de datos*),

---

<sup>183</sup> Capurro, Rafael (2007). Epistemología y ciencia de la información. *Enlace*, abr., vol.4, no.1, p.11-29. ISSN 1690-7515.

<sup>184</sup> Griffith, B. C. Ed. (1980). *Key papers in information science*. New York: Knowledge Industry Publ.

<sup>185</sup> Salvador Olivan, José Antonio y Arquero Avilés, Rosario. (2006). Una aproximación al concepto de recuperación de información en el marco de la ciencia de la documentación. *Investig. Bibl* [en línea]. vol.20, n.41 pp. 13-43 . Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-358X2006000200002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2006000200002&lng=es&nrm=iso) [consulta: septiembre 2011].

<sup>186</sup> Codina, Lluís (1995). Teoría de recuperación de información: modelos fundamentales y aplicaciones a la gestión documental. [en línea] *El Profesional de la Información*. Disponible en: [http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/1995/octubre/teora\\_de\\_recuperacin\\_de\\_informac\\_in\\_modelos\\_fundamentales\\_y\\_aplicaciones\\_a\\_la\\_gestin\\_documental.html](http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/1995/octubre/teora_de_recuperacin_de_informac_in_modelos_fundamentales_y_aplicaciones_a_la_gestin_documental.html) [consulta: enero 2012]

<sup>187</sup> *Ibidem*

- ✓ una serie de preguntas que traducen las necesidades de información de los usuarios
- ✓ una función de comparación documentos/preguntas que genera como salida documentos relevantes.

El trabajo se basa en el estudio de la producción científica de los profesores del área de conocimiento *Ingeniería Química* de las universidades públicas españolas<sup>188</sup>, amparándose el estudio en la recuperación de los documentos generados por estos investigadores e indexados en la *Web of Knowledge*, bases de datos multidisciplinares de cobertura internacional y de acceso libre a través del portal de la Universidad de Extremadura.

Se han recuperado, como tipología documental, tanto artículos como reviews, publicados en revistas científicas contenidas en las bases de datos del Web of Science, durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 2000-2006, ambos incluidos y recuperados a principios del año 2008.

La tipología documental elegida<sup>189</sup> se debe a que el objetivo del estudio es obtener la visibilidad internacional de los iq a través de sus trabajos científicos y de las citas recibidas por las revistas donde se publicaron.

Hay que tener en cuenta que los datos referidos a la producción que se recupera son datos estáticos: número de documentos por año y recogidos en una fecha posterior a su publicación e indexación de las bases de datos.

Por el contrario, la cita es un dato dinámico que evoluciona a lo largo del tiempo hasta que, llegado un momento y por causas diversas, los documentos dejan de tener interés y por tanto dejan de ser usados (citados), perdiendo así valor o interés para la comunidad científica. Llegado este momento la cita también puede considerarse un dato estático ya que documentos muy citados en un año pueden ser no citados en otros y al contrario, dependiendo todo ello de las necesidades de información del usuario interesado en estos.

---

<sup>188</sup> Con la excepción del Departamento de Ingeniería Química del Instituto Químico de Sarriá de la Universidad Ramón Llull

<sup>189</sup> Éstos son los documentos que el ISI considera como citables y son los que utiliza para calcular los factores de impacto (FI) correspondientes de las revistas: Moed HF, Van Leeuwen TN. (1995). Improving the accuracy of Institute for Scientific Information's Journal Impact Factors. *J Am Soc Inf Sci*; 46: 461-467)

Por tanto, la toma de datos se realiza en dos momentos concretos:

- Inicio de 2008
- Inicio de 2011

a) **Primera toma de datos.-**

La primera toma de los datos se realiza a principios del año 2008<sup>190</sup>. En este momento se capturan de las bases de datos los registros así como las citas recibidas por los documentos recuperados desde su publicación hasta el año 2007.

b) **Segunda toma de datos.-**

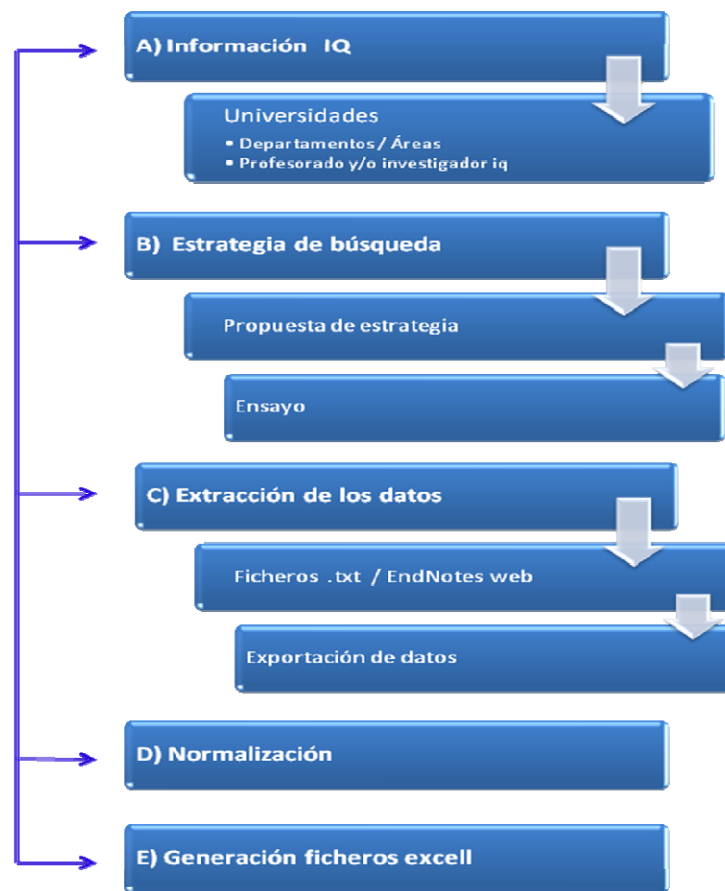
En la segunda toma de datos se actualizan las citas recibidas por el conjunto de documentos recuperados en la primera toma de datos, y se realiza a principios de 2011. En este momento se recogen las citas recibidas por el conjunto de documentos recuperados hasta el año 2010, labor que se realiza a través de la actualización de las citas desde el gestor de referencias *EndNotes Web*.

Por diseño metodológico, se inicia este subapartado describiendo las ecuaciones de búsquedas propuestas para la recuperación de los datos. Pero previamente es necesario obtener información relacionada con las Universidades, Departamento, Áreas de Conocimiento e investigadores que producen los documentos que se estudian.

La figura 3.5 muestra el proceso llevado a cabo para recuperar la información.

---

<sup>190</sup> Las búsquedas y recuperación de los datos se realizan en este momento para dar la posibilidad a que los documentos, publicados por los IQ e indexados en las bases de datos *WoS* correspondientes al año 2006, puedan ser citados.



**Figura 3.5 Proceso llevado a cabo en la recuperación de la información**

En un primer momento se busca toda la información concerniente a las universidades, departamentos, áreas de conocimiento e investigadores de éstas. Por otro, se recuperan de las bases de datos los registros correspondientes a los documentos generados por estos investigadores.

En medio se construyen y prueban las distintas estrategias de búsquedas para la recuperación de los registros. Posteriormente se llevan a cabo las tareas de revisión y normalización (tratamiento de los datos) tanto de instituciones como de los nombres de los investigadores.

### 3.2.3.1 Ecuaciones de búsqueda

Los documentos que recogen los resultados de las investigaciones, además del nombre de los autores que firman el trabajo así como el título o el resumen, contienen también los datos sobre la dirección o afiliación de los firmantes del trabajo como el nombre del departamento y universidad a la que pertenecen.

Todos estos datos son indexados, además de otros, en las bases de datos de WoS al vaciar el contenido de las revistas.

Para recuperar la información pertinente -documentos publicados por los ingenieros químicos universitarios españoles- se realizaron búsquedas por el nombre del departamento que contenía al área de IQ en el momento de la búsqueda.

Así se llevaron a cabo las búsquedas en las bases de datos de *Web of Science* (versión 7.10), en búsqueda avanzada (*Advanced Search*) y en todas las bases de datos (*SCI-Expanded, SSCI, A&HCI, CCR, IC,*)<sup>191</sup>, utilizando el identificativo o etiqueta del campo de dirección "AD" (*affiliation, adress*) y utilizando operadores booleanos lógicos (OR, AND, NOT) y de proximidad (SAME).

Los términos de búsqueda utilizados fueron *ingeniería química*, truncados, en español, lenguas cooficiales e inglés, y el término *Spain* como país productor de los documentos, tal como muestra la figura siguiente (fig. 3.6).

Debido a la variedad de nombres de los Departamentos que se estudian, se ensayó con distintas estrategias de búsquedas, con objeto de comprobar los resultados y poder analizarlos.

---

<sup>191</sup> En la versión utilizada (7.10), no estaban incluidas las bases de datos correspondientes a las *Conference Proceedings*, disponibles en la versión actual. La versión de WoS presentada en la figura corresponde a una versión posterior a la utilizada.

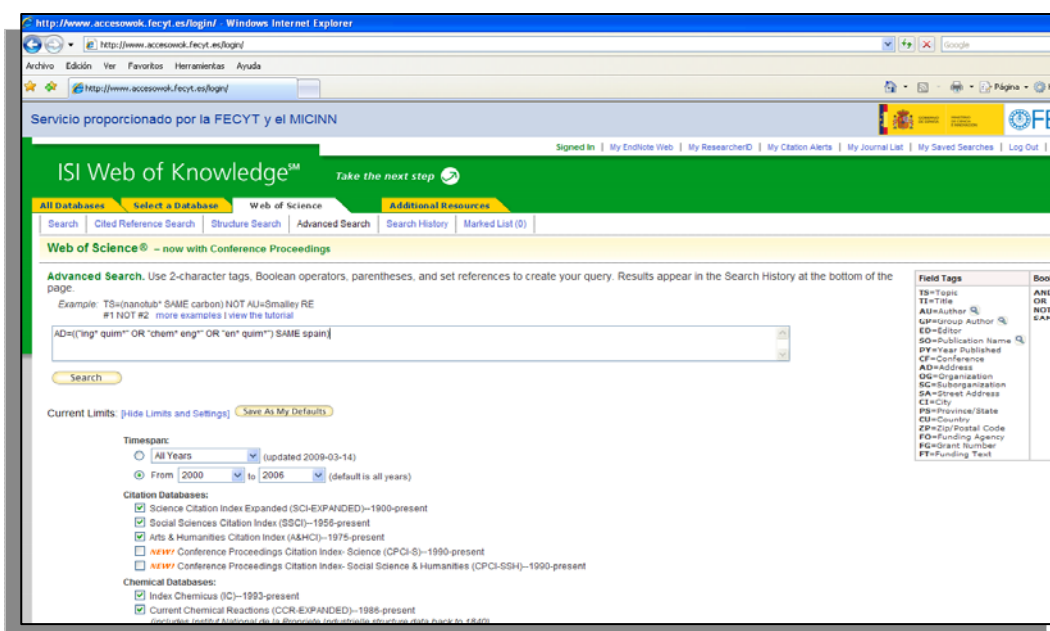


Figura 3.6. Imagen de Advance Search de WoS

Con el fin de comprobar la fiabilidad de la ecuación de búsqueda utilizada se realizaron ensayos probándose con una Universidad y un departamento conocido: Departamento de Ingeniería Química y Energética<sup>192</sup> de la Universidad de Extremadura.

La estrategia de búsqueda utilizada, en principio, fue la siguiente:

1. AD=(("ing\* quim\*" OR "chem\* eng\*") SAME spain)
2. AD=(("univ extremadura" OR UEX) SAME spain)
3. #1 AND #2

Para: todo tipo de documento; todos los idiomas; todas las bases de datos y años=2000-2006.

Utilizando los términos de búsqueda *ingeniería química* (truncados los términos en inglés y español) e interseccionando con el nombre de la universidad correspondiente o su acrónimo, recuperándose todo tipo de documentos de autores cuya afiliación sea la UEX y el departamento mencionado.

<sup>192</sup> Nombre del Departamento hasta 2006. En la actualidad Ingeniería Química y Química Física.

Se visualizan los registros recuperados para su análisis y se confrontan con la información que se tiene de la producción de este Departamento a través de las Memorias de Investigación del mismo, observándose que el resultado obtenido no se corresponde con la producción del mencionado Departamento ya que existen documentos que con esta estrategia de búsqueda no se recuperan.

Es el caso de aquellos documentos en los cuales, en el campo de filiación correspondiente a la institución, no se recoge la universidad de origen u acrónimo. Esto es debido a que existen autores que, al enviar los documentos a la revista para su publicación, no señalan el nombre de la Universidad sino que, en su lugar, aparece el de la Facultad o Escuela de origen. Esto supone que al extraer la producción científica de la Institución, ésta no esté completa.

Es por ello que se opta por realizar una búsqueda más general, no acotada a una universidad concreta; guardar la estrategia de búsqueda en e ir extrayendo los datos universidad por universidad y analizar los resultados obtenidos. La ecuación propuesta sería la siguiente:

***AD=(("ing\* quim\*" OR "chem\* eng\*") SAME spain).***

Para: todo tipo de documento; todos los idiomas; todas las bases de datos y años=2000-2006.

Esta ecuación genera unos resultados. Se guarda la estrategia de búsqueda, que nos detalla tanto los resultados (número de documentos hallados) como la ecuación de búsqueda utilizada, tal como muestra la figura siguiente (fig. 3.7).

Search History -- Web of Science 7.10

Página 1 de 2

**Web of Science®**

WELCOME HELP GENERAL SEARCH CITED REF SEARCH STRUCTURE SEARCH ADVANCED SEARCH

**Search History** (For complex set combinations, use Advanced Search)

Combine Sets: AND OR  
 Results: 3,923  
 AD=(("ing+ quim+" OR "chem+ eng+") SAME spain)  
 DocType=All document types; Language=All languages; Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, AB&HCI, CCR, IC; Timespan=2003-2006

Search Tag Key: TS=Topic, TI=Title, AU=Author, GP=Group Author, SO=Source, PV=Publication Year, AD=Address, OG=Organization, SG=Suborganization, SA=Street Address, CI=City, PS=Province/State, CU=Country, ZP=Zip/Postal Code  
 = Structure search results. Displayed within parentheses ( ), representing approximate values.

Figura 3.7 Imagen de Search History de WoS

Como muestra la figura 3.8, se visualizan los registros recuperados y, a través de análisis de los resultados (*Analyze Results*), obtenemos un listado de las instituciones que los generan ordenadas por número de documentos.

Rank the records by this field: Language, Publication Year, Source Title

Analyze: Date: 100000 - Records: Show the top: 500 Records: Record count: Selected field

Use the checkboxes below to view the records. You can choose to view those selected records, or you can exclude them (and view the others). Note: The number of records displayed may be greater than the total record count if the original set contained more records than the number of records analyzed.

Field	Institution Name	Record Count	% of 3933	Bar Chart	View Analysis Table (10 Top)
<input type="checkbox"/>	UNIV PARIS VI	387	7.397%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV VIREO	368	4.908%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV SANTIAGO DE COMPOSTELA	476	5.999%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV EXTREMADURA	183	4.653%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV COMPLUTENSE MADRID	152	4.527%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV POLITECN CATALUNYA	178	4.499%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV OVIEDO	187	4.248%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV CASTILLA LA MANCHA	188	4.198%	■	
<input type="checkbox"/>	CEIC	186	3.994%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV ALICANTE	145	3.690%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV BARCELONA	128	3.508%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV POLITECN VALENCIA	137	3.483%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV ROVIRA & VIRGILI	128	3.278%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV BASQUE COUNTRY	118	3.026%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV HELSINKI	114	3.000%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV VALENCIA	112	3.677%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV SEVILLA	118	3.788%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV GATAGOZA	107	4.704%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV ALMERIA	103	3.918%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV GAZAS	101	3.999%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV GRANADA	102	2.942%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV GORONZA	99	2.811%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV VALLADOLID	88	2.237%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV CANTABRIA	86	2.188%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV POLITECN MADRID	84	2.138%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV MALAGA	79	2.008%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV LA LAGUNA	70	1.778%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV MURCIA	70	1.778%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV GIRONA	67	1.460%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV COMPLUTENSE	62	1.525%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV AUTONOMA MADRID	60	1.371%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV REUVILLE	48	1.200%	■	
<input type="checkbox"/>	VIGO UNIV	40	1.017%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV SANTIAGO COMPOSTELA	38	0.962%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV SALAMANCA	34	0.865%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV ALGALADE EDWARDS	30	0.763%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV BURGOS	29	0.737%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV LEON	29	0.737%	■	
<input type="checkbox"/>	PAC CHENGANG	28	0.711%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV AUTONOMA BARCELONA	28	0.711%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV POLITECNICA CATALUNA	27	0.686%	■	
<input type="checkbox"/>	REV JUAN CARLOS UNIV	24	0.610%	■	
<input type="checkbox"/>	UPG	23	0.584%	■	
<input type="checkbox"/>	DELFT UNIV TECHNOL	22	0.559%	■	
<input type="checkbox"/>	MASSEY UNIV	22	0.559%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV JENEN	21	0.533%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV A CORUNA	19	0.483%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV PABLO DE OLAVIDE	19	0.483%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV OCHOA	18	0.457%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV LA CORUNA	16	0.407%	■	
<input type="checkbox"/>	CIEMAT	17	0.432%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV PABLO DE OLAVIDE	17	0.432%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV SANTIAGO	16	0.406%	■	
<input type="checkbox"/>	MOGILL UNIV	16	0.381%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV CARLOS III MADRID	15	0.381%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV JAUME I	15	0.381%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV POLITECN CARTAGENA	15	0.381%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV MAR DEL PLATA	14	0.355%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV MONTPELLIER 2	13	0.330%	■	
<input type="checkbox"/>	POLYTECH UNIV CARTAGENA	12	0.305%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV CONCEPCION	11	0.279%	■	
<input type="checkbox"/>	INPA IN PROS UNIV APUSI	10	0.254%	■	
<input type="checkbox"/>	CONEJO NAEL INVEST CIENY & TECN	10	0.254%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV BENOIST ARBES	10	0.254%	■	
<input type="checkbox"/>	CARNEGIE MELLON UNIV	9	0.229%	■	
<input type="checkbox"/>	INVTITION MAIAN	4	0.198%	■	
<input type="checkbox"/>	TECH UNIV CATALUNYA	9	0.229%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV RAMON LLULL	9	0.229%	■	
<input type="checkbox"/>	UPV	9	0.229%	■	
<input type="checkbox"/>	NATL UNIV LA PLATA	9	0.229%	■	
<input type="checkbox"/>	TECH UNIV CARTAGENA	9	0.229%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV PRO REO DE JAENBURG	8	0.204%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV NAOL ELR	8	0.204%	■	
<input type="checkbox"/>	UNIV PAIS VASCO EDUCAL	0	0.204%	■	
<input type="checkbox"/>	HERRERO UNIBERTIZATEA	0	0.204%	■	

Figura 3.8 Visualización de resultados



Se analiza el resultado obtenido observándose las distintas formas en las que aparecen los nombres de las instituciones para, posteriormente, agrupar y asignar a cada entidad los registros que le corresponden.

Como muestra la figura anterior, se observa que una misma entidad obtiene resultados bajo distintas entradas.

Por ejemplo:

- los resultados correspondientes a la Universidad de Vigo se encuentran bajo las entradas de *Univ Vigo* o *Vigo Univ*;
- los correspondientes a la Universidad Complutense bajo las denominaciones *Univ Complutense Madrid* o *Univ Complutense*;
- la Universidad de Santiago de Compostela nos la encontramos como *Univ Santiago de Compostela* o *Univ Santiago Compostela* o *Univ Santiago*;
- los documentos recuperados para la Universidad Politécnica de Cataluña aparecen recogidos en: *Univ Politecn Catalunya* o *Univ Politecn Cataluna* o *Tech Univ Catalonia*.
- los de la Universidad Jaume I: *Univ Jaume I* o *Univ Jaume 1*
- a su vez, podemos encontrar entradas de una Universidad por su nombre o su acrónimo como por ejemplo, en el caso de la Universidad de Extremadura pueden aparecer registros bajo entidades como *Univ Extremadura* o *UEX*; *UPV* o *Unv del País Vasco*; *UPC* o *Univ Politécnica de Cataluña*
- podemos encontrar incluso entidades bajo nombres con errores tipográficos como *Univ Saragossa* o *Univ de Seville*.

A su vez, aparecen otros nombres de entidades más genéricos que hacen mención a nombres de Centros Universitarios, como por ejemplo, “FAC CIENCIAS”, “FAC SCI”, “Escuela Politécnica Superior”, “EUITI”, etc.

En estos casos, para cada entrada, se editaron los registros que contenían (*view*) y estudiándose a qué Universidad correspondían para su posterior asignación. Por ejemplo, se observa que bajo la entrada FAC CIENCIAS, que cuenta con 29 registros, 20 de ellos corresponden a investigadores de la Universidad de Córdoba y el resto pertenecen a investigadores de las Universidades de la Coruña, Cádiz, Gerona, Santiago y Extremadura.

Del mismo modo hay que tener en cuenta acrónimos de instituciones que pueden recoger registros de distintas universidades como UPV que pudieran corresponder a la Universidad Politécnica de Valencia o a la Universidad del País Vasco.

Por otro lado, al analizar la producción de las distintas Universidades, se observa en algunas Universidades una producción menor a la prevista. Es el caso, por ejemplo, de la producción recuperada para la Universidad Politécnica de Cataluña que, aún aunando los documentos por las distintas entradas en las que encontramos esta Institución, es inferior a la esperada. Por este motivo se ha de tener en cuenta el idioma de la Comunidad Autónoma a la que pertenecen los investigadores, ya que algunos de ellos utilizan la lengua de su comunidad en los datos correspondientes a la afiliación (nombre del Departamento, por ejemplo).

Por tanto se necesita encontrar una estrategia que permita realizar una búsqueda más completa; que podamos obtener el resultado de toda la producción de los iq de las distintas universidades del país, por lo que se ha de diseñar una ecuación lo más general posible.

Para ello completamos la ecuación de búsqueda añadiendo los términos *ingeniería química* en la lengua de las distintas Comunidades Autónomas con segunda lengua oficial. Así se añaden los términos *en\* quim\**, para el caso de las Universidades Gallegas, Catalanas, Valencianas y Balear (*enxenería química* en gallego; *enginyeria química* en Catalán, Balear y Valenciano), quedando la estrategia de búsqueda tal como nos muestra la figura 3.9, captada de *WoS*:

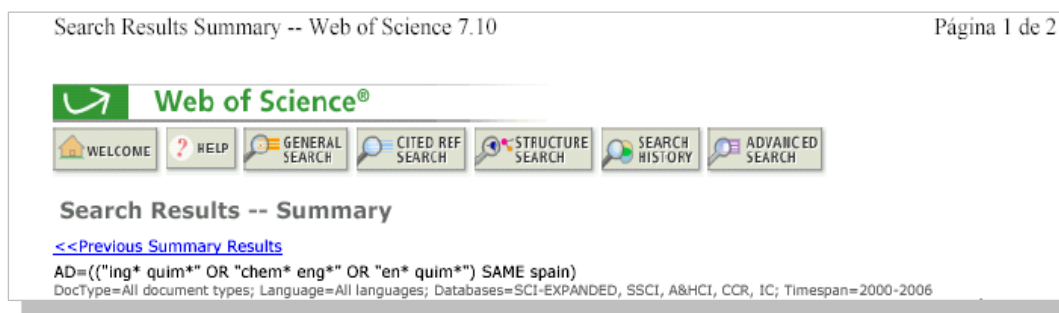


Figura 3.9 Imagen de WoS que refleja la ecuación de búsqueda 1

De esta forma, con los términos *chem eng* se recuperan los registros correspondientes a los departamentos que contienen en su nombre los términos

*ingeniería química* en inglés. Con los términos *ing quim* aquellos registros de que el nombre apareciera en español y, con los términos *en quim* los registros cuyo nombre esté expresado en cualquiera de las lenguas cooficiales, quedando únicamente sin resolver los resultados de los departamentos correspondientes al País Vasco<sup>193</sup> (*ing kim*) y de aquellos otros departamentos cuyo nombre fuera distinto a *Ingeniería Química*: Química Aplicada, Química, Tecnología Química, etc., por lo que haría falta un tipo de búsqueda particularizada para cada uno de los casos aludidos.

Por ejemplo, para una Universidad con un Departamento denominado *Química Aplicada*, que contiene en su estructura el área de *Ingeniería Química* los datos se recuperarían con la siguiente ecuación de búsqueda<sup>194</sup>:

```
AD=(("ing* quim*" OR "chem* eng*" OR "en* quim*" OR "quim* apl*" OR "apl* chem*" OR "chem* apl*") SAME Spain)
```

[Ec. 2]

Para el caso de la Universidad del País Vasco se ha de tener en consideración los nombres de los tres departamentos, con área de IQ, a saber: Ingeniería Química y Medio Ambiente, Ingeniería Química y Química Aplicada; en segundo lugar, tenemos en cuenta el idioma que para el truncamiento utilizamos: *ing\* kim\**. La ecuación quedaría de la forma siguiente:

```
AD=(("ing* quim*" OR "chem* eng*" OR "ing* kim*" OR "environ* chem* eng*" OR "chem* environ* eng*" OR "quim* apl*" OR "kim* apli*" OR "appl* chem*" OR "chem* appl*") SAME Spain)
```

[Ec. 3]

Hay que hacer constar que los tres Departamentos están ubicados en tres Campus distintos y, además, con subdivisiones en distintos Centros, causas todas ellas por las cuales se hacen búsquedas específicas para esta Universidad, teniéndose en cuenta, a su vez, la multitud de variantes que recoge *WoS* para esta institución:

<sup>193</sup> Se comenta este caso por la dificultad encontrada en la búsqueda de información en el Portal de la Universidad debido sobre todo, al idioma, a su dispersión en Departamentos distintos con nombres distintos y su ubicación en Campus distintos.

<sup>194</sup> Se siguen manteniendo los términos de la ecuación nº 1, por si existiesen investigadores que no hacen constar en el campo de dirección el nombre del departamento, sino el del Área.

- *Univ País Vasco,*
- *Univ Basque Country,*
- *UPV,*
- *Univ País Vasco Uskal Herriko Unibertsitatea,*
- *UPV EHU,*
- *Univ País Vasco EHU,*
- *Escuela Univ Politecn,*
- *Euskal Herriko Unibertsitatea.*

Por tanto, y una vez realizadas las observaciones anteriores, necesitamos tres ecuaciones de búsqueda diferentes y utilizadas en tres momentos distintos de la recuperación de los datos, una general y dos particularizadas, a saber:

1. **General:** ecuación base por la cual se recuperarían los registros correspondientes a aquellas universidades españolas que tienen en su estructura un Departamento cuyo nombre contenga los términos *Ingeniería Química*, en inglés, español y aquellos idiomas cooficiales de las distintas CCAA (con la excepción de la Universidad del País Vasco). Quedaría de la siguiente forma:

***AD=(("ing\* quim\*" OR "chem\* eng\*" OR "en\* quim\*") SAME spain)*** [Ec. 1]

2. **Particular 1:** ecuación con la que se recuperarían los registros correspondientes a aquellos departamentos cuyo nombre era distinto a IQ, por ejemplo Química Aplicada. Estaría compuesta por la anterior más aquellos términos que contenga el nombre del departamento y que nos permitan recuperar los registros correspondientes a los documentos de la Universidad [Ec. 2].
3. **Particular 2:** El tercer caso, es la ecuación mostrada para recuperar los registros correspondientes a la Universidad del País Vasco [Ec. 3].

Por todas las peculiaridades que se han detallado, es preciso obtener información previa relacionada con las Instituciones e investigadores que producen los documentos que se pretenden recuperar, y que se detalla en el siguiente punto.

### 3.2.3.2 Recuperación de los registros

Una vez definidas y probadas las distintas ecuaciones de búsqueda pasamos a la etapa de recuperación de los datos que se corresponde con los documentos que producen los investigadores del Área de Ingeniería Química de las distintas Universidades Públicas Españolas. Pero, como se ha mencionado reiteradamente, es necesaria información previa de estas Instituciones y sus investigadores.

Así, antes de comenzar la etapa de recuperación de los datos en *WoS*, se realizan una serie de tareas previas encaminadas a localizar la mayor información posible de las distintas instituciones que acogen a los productores de los trabajos que pretendemos recuperar. Se comienza con la localización de las universidades que contienen área de ingeniería química y se continúa con la identificación, si fuese posible, de los investigadores del área.

#### 3.2.3.2.1 Información previa a la recuperación

Las primeras tareas a llevar a cabo consistieron en la localización de toda la información necesaria referente tanto a las Universidades como la de los Departamentos y áreas de Ingeniería Química para posteriormente, obtener información sobre docentes y/o investigadores de esta área de conocimiento. Para ello se utilizaron tanto fuentes institucionales como documentales<sup>195</sup>.

Los pasos llevados a cabo están encaminados a la localización de información relacionada con:

- las Universidades públicas españolas que contienen el área de Ingeniería Química
- el nombre de los departamentos que contienen el área de IQ
- los datos de la plantilla de personal de los distintos departamentos

---

<sup>195</sup> véase apartado 3.1, p. 102 y sigs.

### A) Universidades

La primera tarea realizada estaba encaminada a la obtención de información relativa a las universidades públicas españolas. El objeto no era otro que recabar información general sobre las mismas (nombre, acrónimo, dirección web, ubicación, estructura, ...), trasladando los datos obtenidos a una tabla que posteriormente se iría completando con los datos hallados en tareas posteriores.

La segunda tarea estaba encaminada a la obtención de información relacionada con el título de Ingeniero Químico<sup>196</sup>: de todas las Universidades, cuáles de ellas tenían entre sus Planes de Estudio el título. En el caso de que a si fuera, se buscaba información del Centro (Facultad o Escuela) donde se impartía dicha titulación.

No todas las Universidades impartían el título de Ingeniero Químico, por lo que hubo que localizar aquellas otras universidades que, aún no teniendo entre sus planes de estudio el de Ingeniero Químico, contaban en su estructura con algún Departamento con el área de IQ<sup>197</sup>. Por tanto, la siguiente tarea a realizar estaba encaminada a localizarlos.

### B) Departamentos

Una vez acotadas aquellas Universidades con área de conocimiento de IQ, los siguientes pasos estaban encaminados a recabar información sobre los departamentos que acogen a los investigadores del área de IQ, información que se obtiene de las fuentes de información mencionadas<sup>198</sup>.

Respecto al nombre de los departamentos, para la posterior búsqueda en las bases de datos, se tuvieron en cuenta algunas consideraciones:

1) Que las universidades, en el transcurso del tiempo, pueden presentar cambios en su estructura. Para el caso que nos ocupa interesa obtener información

---

<sup>196</sup> Si se imparte el título de IQ necesariamente hay un área de IQ.

<sup>197</sup> Se mirará Universidad por Universidad, Centro a Centro. Nos vale como referencia que el área imparte docencia, aparte de en la IQ, en otras titulaciones como: Química, Enología, Medio Ambiente, Tecnología de los Alimentos, ...

<sup>198</sup> Véase apartado 3.1, pp. 103-104

sobre los posibles cambios relacionados con los nombres de los departamentos durante el período observado<sup>199</sup>. Para ello hay que analizar la evolución histórica de los distintos departamentos; información que se obtiene a través de los distintos portales web de las Universidades y/o Departamentos, así como de fuentes documentales (fig. 3.10).



**Figura 3.10 Web del Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Zaragoza**

2) Los Departamentos pueden estar formados únicamente por un área de conocimiento o puede agrupar a varias; lo que hay que tener en cuenta a la hora de la búsqueda y recuperación de los datos. Por tanto, pueden darse las siguientes opciones:

- a) Departamentos cuyo nombre coincida con el del área de conocimiento. Es el caso de aquellos que están formados únicamente por el área de estudio. Por ejemplo, el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Complutense de Madrid.
- b) Departamentos compuestos por varias áreas de conocimiento y entre ellas el de Ingeniería Química. Por regla general el nombre del departamento incluye el del área: Ingeniería Química y Energética de la Universidad de Extremadura.

<sup>199</sup> Por ejemplo, el caso de la Universidad de Extremadura que hasta 2006 el Departamento con área de IQ se llamaba Ingeniería Química y Energética y en el momento de la recuperación de los datos su nombre ya era Ingeniería Química y Química Física.

c) Departamentos en los que en su nombre no aparece el del área de IQ. Ejemplo, el Departamento de *Química* de la Universidad Islas Baleares.

3) Que el nombre del departamento pueda estar recogido en las bases de datos en un idioma distinto al español: Inglés, Catalán, Euskera, Gallego o Valenciano, por lo que habrá que recopilar información relacionada con el nombre del departamento y/o área en los distintos idiomas.



### Proceso llevado a cabo para la obtención de la información correspondiente

Un departamento puede estar formado por un área de conocimiento o por varias, formada, a su vez, por un grupo determinado de profesores e investigadores. Para este estudio sólo interesa la producción científica de los investigadores del área de IQ, por tanto, a la hora de recuperar y guardar los datos que interesan para el estudio hemos de tener en cuenta que:

a) Si el departamento está compuesto únicamente por investigadores del área, se recuperan todos los registros del mismo. Pero, como casi en todo, existen excepciones.

Por ejemplo. Una vez visualizadas, analizadas y agrupadas las distintas entradas existentes para la Universidad de Málaga, queremos recuperar los registros del Departamento de Ingeniería Química de esta Universidad.

En principio podríamos suponer que todos los registros recuperados corresponden investigadores de este Departamento, pero no es así. Hay que tener en cuenta que al interrogar a las bases de datos del portal de *Web of Science*, el motor de búsqueda del mismo, *busca* en todo el campo de dirección y este campo recopila todas las direcciones de las entidades que acogen a los autores firmantes del trabajo. Con la ecuación de búsqueda le estamos pidiendo que nos recupere los registros que contengan, en este campo, los términos ingeniería química en sus distintas variantes. Así, puede darse el caso que un documento esté elaborado en colaboración por autores de esta Universidad y por autores de otra Universidad distinta a la suya. Puede darse el caso, por ejemplo, de que colaboren con investigadores del



Departamento Química Inorgánica e Ingeniería Química de la Universidad de Córdoba. Así, al recuperar la producción científica del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Málaga y al analizar los registros obtenidos encontramos el siguiente:

Arrebola, JC; Caballero, A; Hernan, L; Melero, M; Morales, J; Castellon, ER. 2006. Electrochemical properties of LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub> films prepared by spin 606-613.  
**Author Full Name(s):** Arrebola, Jose C.; Caballero, Alvaro; Hernan, Lourdes; Melero, Montserrat; Morales, Julian; Castellon, Enrique R.  
**Document Type:** Article  
**Addresses:** Univ Cordoba, Dept Quim Inorgan & Ingn Quim, E-14071 Cordoba, Spain; Univ Malaga, Dept Quim Inorgan, E-29071 Malaga, Spain  
**Reprint Address:** Morales, J, Univ Cordoba, Dept Quim Inorgan & Ingn Quim, Campus Rabanales, Edificio Marie Curie, E-14071 Cordoba, Spain.  
**E-mail Address:** iqimopaj@uco.es  
**Cited Reference Count:** 40

Observamos que los autores firmantes del documento pertenecen al Departamento de *Química Inorgánica e Ingeniería Química* de la Universidad de Córdoba y del Departamento de *Química Inorgánica* de la Universidad de Málaga. No aparece en el campo *Addresses* el Departamento de Ingeniería Química de ésta última; el registro corresponde a autores del área de Química Inorgánica de ambos Departamentos. Por tanto, este registro no nos interesa para la Universidad estudiada por lo que hay que desechar este registro en el cómputo total de la Universidad de Málaga.

b) El departamento está compuesto por varias áreas de conocimiento. En este caso sólo y exclusivamente interesan los documentos correspondientes a los investigadores del área y NO a los del resto de las áreas que componen el Departamento. Seguimos con el registro mostrado en la figura anterior, pero en este caso nos interesa el caso de la Universidad de Córdoba.

Estamos en la tarea de recuperar los registros del área de IQ de esta Universidad. Este Departamento está compuesto por investigadores de las Áreas de *Ingeniería Química* y por los correspondientes a *Química Inorgánica*. Una vez analizado el registro observamos que corresponde a un documento producido por investigadores del área de *Química Inorgánica*. Por tanto, el registro no interesa para el estudio. Así, del conjunto de documentos recuperados para esta Universidad, se eliminan aquellos registros que pertenezcan a los investigadores de *Química Inorgánica*.

c) En el caso de que el Departamento no contenga el nombre de IQ, el proceso es idéntico al anterior: buscar las áreas de conocimiento que lo componen y sus investigadores y actuar de la misma forma a la hora de recuperar los datos.

Por tanto, hay que obtener información sobre las áreas que componen los distintos departamentos así como de los docentes y/o investigadores de las distintas áreas.

Toda esta información queda volcada en tablas y bases de datos tal como muestra la figura 3.11, capturada de Access.

Departamentos			
id Dpto:	12	Entidades que publica2:	Univ Sevilla (43 registros)
Universidad:	Sevilla	Entidades que publica3:	Escuela super ing Sevilla (2)
Comunidad Autónoma:	Andalucía	Entidades que publica4:	
Nombre_Dpto:	Ingeniería Química	Tipo_búsqueda:	Generat.: AD=([ing* quim** OR chem* eng** OR ien* quim**] SAME spain)
Áreas:	Ingeniería Química ; Tecnología de los Alimentos	Observaciones:	La Universidad de Sevilla es uno de los casos que tiene más de un departamento con personal del área de IQ. Las entidades y registros recogidos pertenecen a los dos departamentos.
Centro_principal:	Facultad de Química	Otras notas de interés:	De los 189 registros obtenidos, 106 son del dpto de IQ de la F. De Química, que una vez eliminados los registros pertenecientes a los años 1999 y 2007 se obtiene un resultado total de 103 registros.
Centro 2:	E.Univ. Politécnica	Que queda por hacer:	Unificar archivos en un único lugar (del PC) -Ok Normalizar Autores - OK ver otros tipos de documentos que sean del área: Editoriales
Centro 3:	Facultad de Biología	documento:	<a href="#">_VHE EMPEZADO DENUEVO\Andalucía\Datos_nálisis</a>
Centro 4:		página web dpto:	<a href="http://www.centro.us.es/quimica/prof/erof_ing.htm">http://www.centro.us.es/quimica/prof/erof_ing.htm</a>
Titulación:	<input type="checkbox"/>		
Num_reg:	103		
Dirección:	Facultad de Química.		
Entidades que publica1:	Univ Sevilla (143 registros)		

**Figura 3.11** Captura de datos de un departamento de la base de datos *Departamentos*

Se completó esta primera tarea del proceso localizando, si era posible, los nombres de los docentes e investigadores del Departamento estudiado para localizar aquellos que estaban adscritos al área de IQ.

### C) Autores

Para la localización de los datos del profesor/investigador adscrito al área de Ingeniería Química de las distintas Universidades, fue necesario recurrir a fuentes tanto institucionales como documentales.

Para la elaboración de esta Memoria de Tesis no se ha hecho distinción entre las distintas categorías profesionales del investigador, ya sean de plantilla o contratado, doctor o no doctor, catedrático o titular, a tiempo completo o parcial. El motivo no es otro que, en el estudio llevado a cabo, nos interesa obtener la producción de los investigadores del área de IQ y para ello la categoría profesional del productor no es relevante en nuestro caso. Debemos mencionar la dificultad para hallar toda la información al respecto, ya que no es posible obtener datos fiables y actuales de las distintas plantillas del personal investigador de los distintos departamentos (con los medios que se cuenta).

Al encontrarnos con dificultades a la hora de obtener las plantillas actualizadas del personal de los distintos departamentos, jugamos con la información obtenida a través de las páginas web de los departamentos de los portales de las distintas universidades y del material documental del que se dispone (por ejemplo, las Memorias de Investigación que estén publicadas en las páginas o portales web de las distintas Universidades)

La información obtenida se contrasta y se vuelca en tablas, generándose listados por Universidades y Departamentos con sus docentes/investigadores por área de conocimiento.

Todos estos datos, una vez contrastados y unificados, se muestran en la tabla 3.1 (pág. 105). En ella se detalla la relación de universidades que contienen, en alguno de sus departamentos, el Área de Ingeniería Química, así como el nombre del departamento y la CCAA a la que pertenece la Universidad

Es necesario mencionar que se han respetado los nombres actuales de los departamentos, aunque hayan sufrido variaciones a lo largo del periodo de años estudiado, si bien se ha de advertir que si, durante el transcurso de ese tiempo, hubiesen existido variaciones en el nombre del departamento, se tuvo en cuenta para la recuperación de los datos de los mismos.

### 3.2.3.2 Búsquedas en las bases de datos de WoS

Tras la localización de la información concerniente a las distintas universidades, departamentos y profesores e investigadores, se pasó a la realización de las búsquedas retrospectivas para la recuperación de los registros, ejecutando las distintas estrategias o ecuaciones de búsqueda mencionadas anteriormente.

El esquema presentado en la figura 3.12 refleja la etapa correspondiente a la obtención de los registros para el estudio.

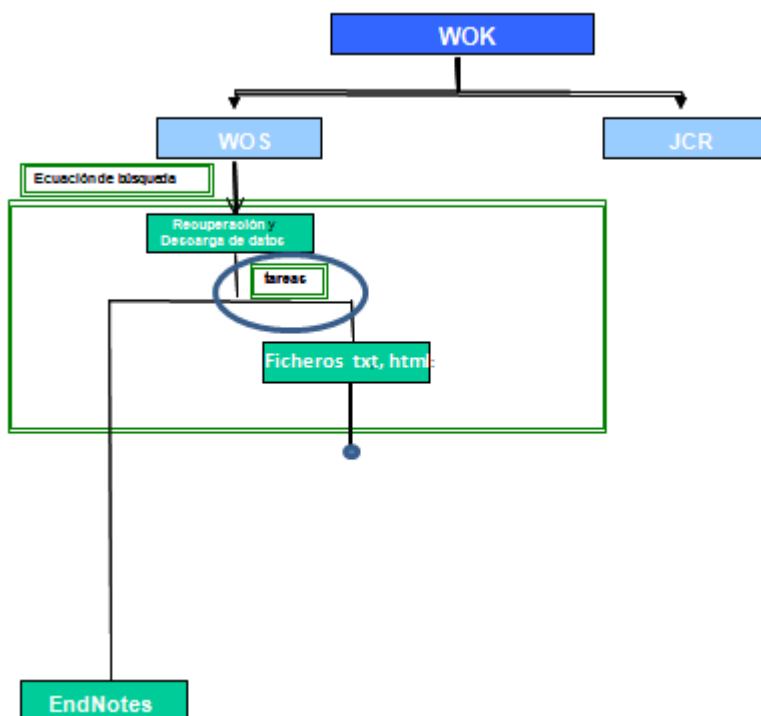
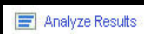


Figura 3.12. Etapa correspondiente a la obtención de registros

Con la primera ecuación se recuperaban los registros correspondientes a aquellas universidades cuyos departamentos contenían en su nombre los términos de ingeniería química en español (*ing\* quim\**), en inglés (*chem\* eng\**) o en los idiomas de las distintas CCAA como el catalán, gallego o valenciano (*en\* quim\**).

Con la segunda ecuación de búsqueda se recuperaron los registros de aquellos departamentos en cuyo nombre NO figurara el del área de IQ. La búsqueda, en este caso, se hacía por el nombre del Departamento. Posteriormente, se recuperan los registros correspondientes a la Universidad del País Vasco (Ec. 3).

Una vez ejecutadas las distintas estrategias de búsquedas y previo a la recuperación y descarga de los datos, por los motivos señalados anteriormente, se analizan los resultados obtenidos institución a institución. Para ello, ejecutada la búsqueda, y a través de Análisis de Resultados , se visualizan las distintas instituciones para su análisis (fig. 3.13), con el objeto de analizar el contenido de cada una de ellas.

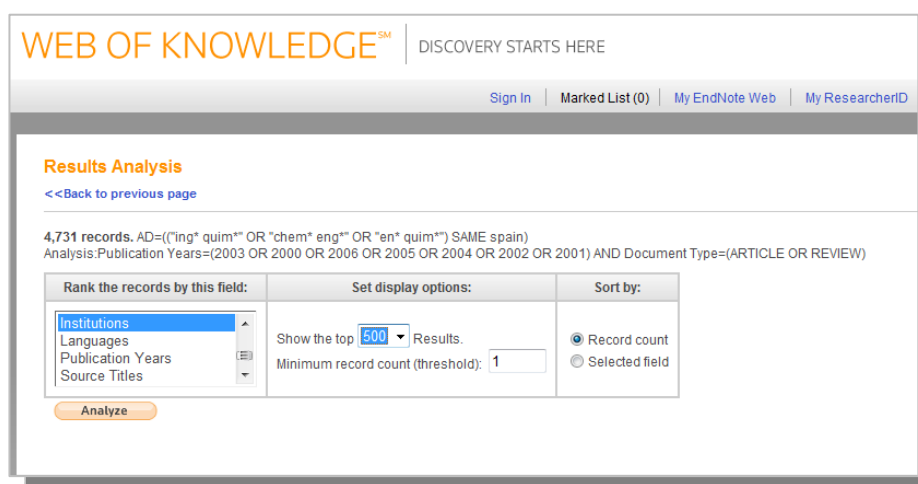


Figura 3.13. Imagen de Análisis de Resultados, tomada de WoK

Durante la recuperación de los datos se han de tener en cuenta las siguientes observaciones relacionadas con problemas que se detectaron:

- ◆ A la hora de visualizar los registros, WoS sólo permite visualizar las primeras 500 instituciones por lo que, del listado de instituciones obtenidas, únicamente se recogieron los datos de aquellas que contenían como mínimo dos registros.

- ◆ Bajo el nombre de una misma entidad<sup>200</sup> se pueden encontrar documentos producidos por investigadores pertenecientes a departamentos de distintas universidades. Es el caso de *FAC CIENCIAS*, que al visualizar los registros, se observa que del total de de 29 registros, 20 de ellos corresponden a la Universidad de Córdoba, y el resto a las universidades de La Coruña, Cádiz, Gerona, Santiago de Compostela y Extremadura.
- ◆ Un departamento universitario puede estar formado por un área de conocimiento o por más de una; es el caso del correspondiente a la UEx que, durante el periodo de tiempo estudiado, estaba formado por cuatro áreas de conocimiento y entre ellas la de IQ. Esto supone que hay que tener en cuenta las distintas áreas que componen un departamento y los profesores y/o investigadores que la conforman pues únicamente estudiamos la producción de los IQ.
- ◆ Se ha de tener en cuenta los casos de aquellas universidades con más de un departamento con el área de IQ. Por ejemplo, la Universidad de Sevilla, con dos departamentos: *Dpto. de Ingeniería Química* en la Facultad de Químicas y el *Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental* en la Escuela de Ingenierías Industriales. Lo mismo ocurre con la Universidad del País Vasco, con tres departamentos distintos: *Ingeniería Química y Medio Ambiente*, *Ingeniería Química y Química Aplicada*, cada uno en un campus distinto; o el caso de la Universidad Politécnica de Madrid con cuatro departamentos distintos: *Ingeniería Química y Combustibles*, *Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente*, *Física y Química Aplicada a la Técnica Aeronáutica y Química Industrial y Polímeros*.
- ◆ WoS no permite la descarga de más de 500 registros a la vez. Para la Universidad Politécnica de Cataluña (Departamento de Ingeniería Química) se obtuvieron unos resultados superiores a 500 registros, por lo que hubo que dividir estos resultados para poder descargarlos en su totalidad.

Una vez finalizado el análisis de las instituciones, y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se pasa directamente a la recuperación de los datos que se hizo universidad a universidad. El proceso seguido se describe a continuación.

---

<sup>200</sup> Entidad distinta a una universidad, por ejemplo, una Facultad, o un Centro Politécnico, o una Escuela, ...

1. Como se ha mencionado anteriormente, dada las diferentes formas en que se pueden presentar los nombres de las distintas instituciones, se procede a **agrupar todos los registros** (fig. 3.14) pertenecientes a una institución y que aparecen en distintas variantes de nombres. Una vez agrupadas por Universidad, se visualizaron los registros (*view records*) y se guardan los resultados obtenidos (*save analysis data to file*).

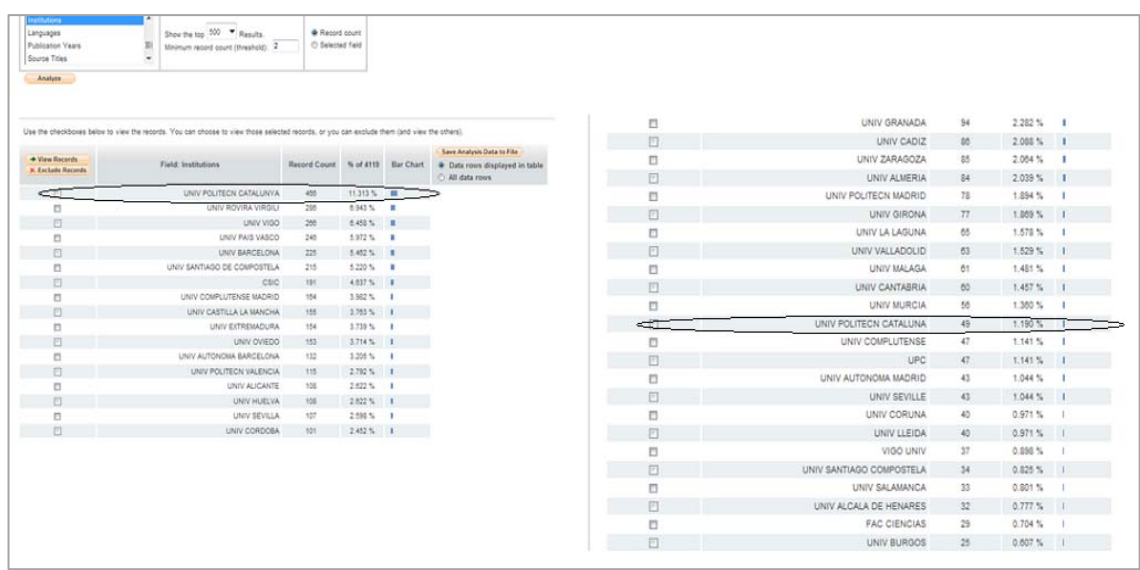


Figura 3.14 Imagen de las Instituciones a través de Análisis de los resultados

2. Se trata de seleccionar solo artículos y reviews como tipo de documentos publicados durante los años 2000 y 2006. Con respecto a los años, aparecen registros que se corresponden a los años 1999 y 2007<sup>201</sup> por lo que también se depuraron.

3. No todos los registros guardados corresponden a investigadores iq, por lo que hubo que revisar y analizar de nuevo estos registros para comprobar si correspondían al área de IQ de la universidad estudiada: se guardan los resultados y se añadieron a la lista (*add to marker list*) para posteriormente poder recuperar los registros añadidos y seguir trabajando con ellos.

<sup>201</sup> Ocurre por el momento en que se vacían o indexan los documentos de las distintas revistas. Documentos correspondientes a 1999 pero que las bases de datos WoK indexan en el año 2000; y documentos que aparecen en revistas más prolíficas y rápidas a la hora de publicar los trabajos y que, por rapidez en la publicación se indexan a finales de 2006, pero el número de la revista corresponde a enero de 2007 (ej. *Water Research*)

Para verificar si los registros recuperados forman parte de la producción científica de los iq de un departamento y de una universidad concreta, se procedió de la siguiente forma:

- a) el **departamento está compuesto únicamente por el área de conocimiento IQ**: Aún suponiendo que todos los registros recuperados pertenecerían a investigadores de éste área, se tuvo que comprobar si era así, para evitar que, por la colaboración, se computaran registros de departamentos de otras universidades.
- b) el **Departamento está compuesto por varias áreas de conocimiento** y entre ellas la de IQ. En estos casos, se han de depurar los registros pertenecientes a autores que no son del área de IQ. Vale el ejemplo mencionado anteriormente, del Dpto. con área de IQ de la Universidad de Córdoba. El Departamento en estudio se denomina *Química Inorgánica e Ingeniería Química*, compuesto por las dos áreas de conocimiento que se mencionan en su nombre. Se verifica si el registro obtenido corresponde a investigadores del área de química inorgánica o al de ingeniería química. Si no corresponde a ingeniería química, se elimina. El proceso es el siguiente:
  - Se marcan los registros obtenidos y se llevan a *Marked List* y, posteriormente, visualizamos (*Analyze*) los autores responsables de estos documentos.
  - Con los listados de los investigadores del departamento, se identificada cada profesor con el área de conocimiento a qué corresponde.
  - Confrontamos ambas listas marcando únicamente los nombres de los autores de IQ, teniendo en cuenta las diferentes formas con las que puede aparecer un mismo investigador:
- c) **Autores que se desconoce su procedencia**. Para su identificación, se visualizan y analizan los registros con el propósito de observar con quién colabora en la elaboración del documento; si lo hacen con autores identificados de IQ, se consideraban del área, en caso contrario se depuraban.



**4. Guardar resultados.** Una vez depurados los registros e identificados sus autores, queda guardar los resultados obtenidos correspondientes a una determinada universidad, siendo el proceso llevado a cabo el siguiente:

- Se marca el conjunto de registros depurados
- se visualizan y se comienza con la tarea de guardar los datos obtenidos para su análisis posterior
- desde la opción *análisis de resultados*, se recogen los datos por años, tipos de documentos, autores, idiomas, instituciones, revistas, categorías temáticas y países, guardando los mismos en distintos formatos:
  - en formato *html* (registros compuestos únicamente por los campos principales)
  - en formato *txt* para exportar, posteriormente, a Access y Excell para el tratamiento y análisis de los datos
- y exportamos registros a *Endnote Web*

**5. Citation Report.** Se recuperan el conjunto de registros llevados a *marked list* y “entramos” en la herramienta de WoS que ofrece el análisis de las citas

Esta herramienta muestra gráficos de los documentos publicados por año y gráfico de citas por año; el número total de documentos, la suma de citas correspondientes al conjunto de documentos hallados; el número de citas *sin autocitas*; la media de citas por documento; *h-index* del conjunto de registros hallados. Se recoge y guarda la pantalla con los datos obtenidos y los gráficos; en *view without self-citations*, visualizamos los registros de quienes citan el conjunto de documentos con el que se está trabajando y se guardan.

### 3.2.4 Tratamiento de los datos

En la etapa anterior se han realizado las búsquedas oportunas, se han recuperado y revisado los datos obtenidos para cada una de las Universidades. En la recuperación de los registros se han ido guardando, en ficheros de texto (\*.txt), los resultados obtenidos para cada una de las universidades y departamentos, encontrándonos en ese momento, con una gran cantidad de información.

En esta etapa (fig.3.15) se realizan actividades tendentes a importar, organizar y ordenar los datos obtenidos. Se revisan de nuevo de forma detallada, analizando la calidad de los datos y decidiendo qué información debemos incluir y qué otra debemos corregir o excluir porque no interesen a nuestro estudio.

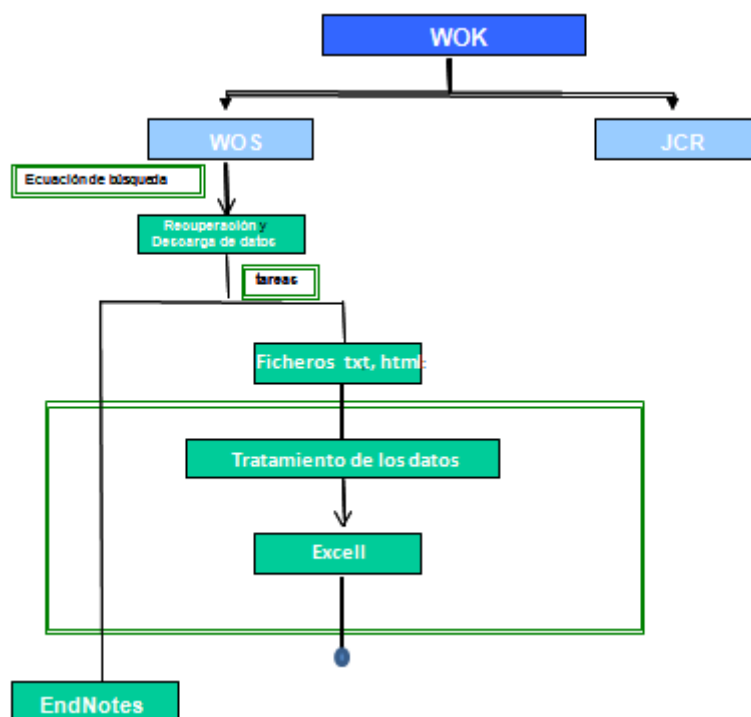


Figura 3.15 Fase del proceso de tratamiento de los datos

El estudio está desarrollado en tres niveles de análisis, por departamento y/o Universidad, por CCAA y Nacional (total de la producción de los IQ), por lo que el tratamiento de los datos se realizan para cada uno de estos niveles:

### Nivel de Departamento y Universidad

Se genera un fichero Excel por Universidad que contendrá, una primera hoja en la que se importa el fichero con los datos que correspondan a la producción de IQ de la Universidad con la que estemos trabajando. Esta hoja estará formada por los registros correspondientes a los documentos recuperados y está compuesta por tantas filas como registros se hayan recuperado y por tantas columnas como campos contienen los registros extraídos de WoS.

Una vez importados los datos para una Universidad, se revisan de nuevo los datos registro a registro. Se comprueba que éstos se corresponden con documentos producidos por autores de esa Universidad, analizando el campo de autores y el de instituciones; que no estén vacíos o que los datos que contienen se correspondan con ese campo. Estos problemas vienen dados, principalmente, por la exportación de los registros desde las bases de datos o bien por la importación de los ficheros texto en las hojas Excel.

### Nivel de Comunidad Autónoma

En el caso de que una CCAA tuviese más de una universidad, como es el caso de Andalucía, hemos de aunar todos los registros de todas las universidades pertenecientes a esa CCAA. Para ello se creará un nuevo fichero que contendrá todos los registros de cada una de las Universidades, teniendo en cuenta que al unir todos los ficheros podremos encontrar registros duplicados debido a la colaboración entre Universidades. En este caso se procede a eliminar los duplicados.

### Nivel Nacional

En este nivel se obtendrá el total de la producción Nacional, entendida como la producción correspondiente los investigadores del área de Ingeniería Química de la Universidad Española. Para este nivel se actúa de la siguiente forma:

- Se creó un nuevo fichero en Excel con una única hoja de cálculo **registros**. En ella se fueron insertando todos los datos contenidos en las diferentes hojas de cálculo de Excel con los datos por Departamento y/o universidad (Total: 5028 registros recuperados)

- Se creó otro fichero denominado **fichero base** dividido en diversas hojas de cálculo.
  - La primera (hoja base 5028) estaba compuesta por los datos del fichero *registros* conteniendo todos los registros obtenidos para los distintos departamentos
  - La segunda, *total registros sin duplicados*, estaría formada por los registros de la anterior para eliminar de ella los duplicados (registros correspondientes a documentos que está elaborados por autores de más de un área de IQ). Para ello, se trasladan los datos de la anterior hoja, se ordenan por revista (SO), año de publicación (PY) y por número documento (UT). Se revisan y se eliminan los registros duplicados por la colaboración entre universidades.

Este documento estará formado por un conjunto de registros que será la producción, en artículos y review, de la IQ en España en el periodo estudiado (4648 registros). Será el documento base para resumir, tabular, crear cuadros estadísticos, obtener los indicadores propuestos, etc. a nivel nacional.

De esta forma, contamos, por un lado, con tantos ficheros en Excel como Departamentos y/o Universidades tengamos en nuestro estudio; por otro, tantos ficheros como Comunidades Autónomas. Por último un fichero que aúna los registros correspondientes a los ingenieros químicos universitarios españoles.

En tareas posteriores se tabularán los datos que nos permitan crear las tablas necesarias para el cálculo estadístico, obtención de indicadores y representación gráfica.

Pero queda aún una etapa importante en estos tipos de estudios y que está a caballo entre la etapa de tratamiento y procesado de los datos. Esta etapa no es otra que la normalización de la información contenida en ciertos campos que, por el tipo de información que facilitan, son muy importantes en los estudios bibliométricos. En nuestro caso nos referimos, más concretamente, a la normalización del campo correspondiente a instituciones y de autores.

### 3.2.5 Normalización de los datos

Uno de los principales problemas que se plantean en la descarga de los registros desde las bases de datos es la falta de normalización de los nombres de los autores firmantes de los documentos y de las instituciones que los acogen<sup>202</sup>.

Al igual que ocurre con los nombres de las instituciones, los nombres de los autores pueden aparecer bajo formas distintas; distintas entradas para un mismo autor: apellidos invertidos, entrada por el segundo apellido, ...; distintas entradas para una misma institución. Por ello es necesario agrupar todas las variantes con que aparece el nombre de un mismo autor y las correspondientes a las instituciones.

En el caso de las instituciones, queda expuesta la normalización de las instituciones en la fase de búsqueda de los datos en base a las distintas entradas halladas para la institución a la que correspondían, pues hubo que agrupar los registros antes de su descarga. Queda pues codificar, en la hoja de datos general (registros), las columnas que se corresponden con el nombre del departamento, universidad y CCAA.

En el caso de la normalización de los nombres de los autores, el procedimiento seguido es el que a continuación se especifica.

Ponemos el caso, por ejemplo, de los autores de la Universidad de Almería (tab. 3.2). En el momento de recuperación de los datos el Departamento de Ingeniería Química estaba formado por personal de dos áreas de conocimiento distintas: *Ingeniería Química* y *Tecnología de Alimentos*. Hemos configurado tablas con los datos de los profesores de este departamento extraídas desde distintas fuentes y se han identificado los nombres de los autores de cada una de las áreas de conocimiento.

Por otro lado se recoge, en el caso que nos ocupa, la columna correspondiente al campo autor/es, generándose un fichero con tantas columnas como autores firmantes del trabajo y, a cada entrada, le asignamos los apellidos y nombre del autor que le corresponde, en el caso de que esté identificado. A modo de ejemplo, se muestra en la tabla 3.2, las diversas variantes de nombres de un grupo de autores y su asignación al autor que corresponde.

---

<sup>202</sup> Véase, apartado 3.1. p. 101

Tabla 3.2 Normalización de nombres de autores

APELLIDOS, Nombre	Nº Reg	Forma_Nombre 1	Forma_Nombre 2	Forma_Nombres 3	Forma_Nombre4	Forma_Nombre 5	Forma_Nombre 6
ACIÉN FERNÁNDEZ, Francisco Gabriel	26	ACIEN, FG-5	ACIEN, G-1	FERNANDEZ, FG-1	FERNANDEZ, FGA-17	FERNANDEZ, GGA-1	FERNANDEZ, FGA-1
BALLESTEROS MARTÍN, María de la Merita	3	BALLESTEROS, MM-2	MARTIN, MMB-1				
BELARBI HAFTALAOUI, El Hassan	14	BELARBI, E-3	BELARBI, EH-11				
BRINDLEY ALIAS, Celeste Elena	5	ALIAS, CB-4	BRINDLEY, C-1				
CAMACHO PAEZ, Belén	7	PAEZ, BC-6	CAMACHO, B-1				
CASAS LÓPEZ, José Luis	11	LOPEZ, JLC					
CERÓN GARCÍA, María del Carmen	12	GARCIA, MCC-8	CERON GARCIA, MC-1	CERON, MC-1	GARQ, MCC-1	GARCIA, MCC-1	
CONTRERAS GÓMEZ, Antonio	6	GÓMEZ, AC-6					
<b>RUBIO, FC con IQ Almería (es de granada)</b>	<b>10</b>	RUBIO, FC					
ESTEBAN CERDAN, Luis	6	CERDAN, LE-3	ESTEBAN, L-1	ESTEBAN-CERDAN, L-2			
FERNÁNDEZ SEVILLA, José María	28	SEVILLA, JMF-23	FERNANDEZ, JM-3	FERNANDEZ-SEVILLA, JM-1	SEVILLA, JMG-1		
GARCÍA CAMACHO, Francisco	24	CAMACHO, FG-22	CAMACHO, F-1	GARCIA-CAMACHO, F-1			
GARCÍA SÁNCHEZ, José Luis	7	SÁNCHEZ, JLG-5	GARCIA, JL-2				
GIMÉNEZ GIMÉNEZ, Antonio	3	GIMENEZ, AG-2	GIMENEZ-GIMENEZ, A-1				
GONZÁLEZ MORENO, Pedro Antonio	5	MORENO, PAG-2	GONZALEZ, PA-1	MORENO, PG-2			
IBÁÑEZ GONZÁLEZ, María José	4	GONZALEZ, IMI-3	IBANEZ, IU-1				
CHISTI, Y - <i>New Zealand</i>	29	CHISTI, Y-29					
MAZLUCA SOBČUK, Tania	3	SOBČUK, TM-3					
MOLINA GRIMA, Enriko	52	GRIMA, EM-42	MOLINA, E-8	MOLINA-GRIMA, E-2			
ROBLES MEDINA, Alfonso	9	MEDINA, AR-7	ROBLES, A-1	ROBLES-MEDINA, A-1			
SÁNCHEZ MIRÓN, Asensio	12	MIRON, AS-12					
SÁNCHEZ PÉREZ, José Antonio	18	PEREZ, JAS-15	SÁNCHEZ-PÉREZ, JA-3				
<b>CAMPRA MADRID, Pablo (T. Alim)</b>	<b>4</b>	CAMPRA-MADRID, P-3	CAMPRA-MADRID, R-1				
<b>GUIL GUERRERO, José Luis (T. Alim)</b>	<b>12</b>	GUIL-GUERRERO, JL-10	GUERRERO, JLG-2				
<b>REBOLLOSO FUENTES, Mª de Mar (T. Alim)</b>	<b>6</b>	REBOLLOSO-FUENTES, MM-3	FUENTES, MMIR-2	REBOLLOSO-FUENTES, MD-1			
VILCHES FERRON, WA	3	FERRON, WAV					
AGUERA, A	1	AGUERA, A	con IQ - Almería				
ALBEROLA, IO	1	ALBEROLA, IO	con IQ - Almería				

### 3.2.6 Procesado de los datos

En la etapa correspondiente al tratamiento de los datos, se han generado ficheros con los datos extraídos de las bases de datos y se han organizado en función de los niveles de análisis y, de nuevo, se han revisado los datos. En esta fase (fig. 3.17) se realizan las tareas tendentes a organizar los datos según el tipo de información que nos facilite cada campo de los registros recuperados.

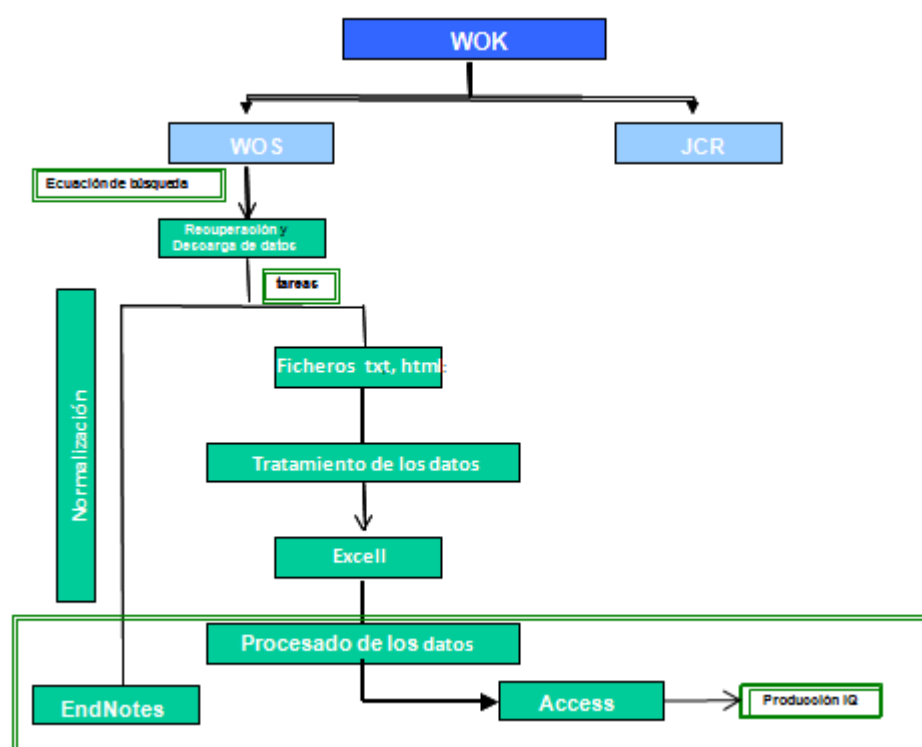


Figura 3.16. Imagen de la etapa del procesamiento de los datos

Las tareas llevadas a cabo en esta etapa son las siguientes:

1. codificar y clasificar la información contenida en las distintas hojas de Excel

2. revisión detallada de los datos obtenidos: juzgar la calidad y el grado de confianza de los mismos: qué parte puede incluirse, cual debe corregirse y los que deberán ser excluidos
3. se resumen los datos y se organizan en tablas para, posteriormente crear cuadros estadísticos a los que aplicar los estadísticos tendentes a obtención de los parámetros estadísticos y la cuantificación de los indicadores propuestos

Se añaden columnas de resumen de datos que serán útiles para, posteriormente, tabular los mismos en la fase de análisis. Así, hallamos columnas resumen como, por ejemplo, número autores por registro; o número de instituciones participantes; columnas con celdas resumen como, número de documentos por revista o número de citas o referencias citadas, proceso seguido en cada uno de los niveles de análisis.

En los niveles de Universidad y/o Departamento, se añade, para cada una de ellas, una segunda hoja donde se importan los ficheros guardados en formato texto con los datos obtenidos través de *Análisis de resultados*, y que se corresponden con datos sobre producción por año, idioma, tipo de documento, títulos de revistas, categorías *ISI*, autores, Instituciones con quién han colaborado y los países a los que pertenecen.

Tendremos pues, tantos ficheros como Universidades con área de IQ hubiese y si una Universidad cuenta con más de un departamento, habrá tantos ficheros Excel como Departamentos. En el caso de que una Universidad contase en su estructura más de un Departamento con el área de IQ (ej. Univ. de Sevilla), se genera un nuevo fichero con la unión de los registros de ambos departamentos, teniéndose en cuenta que si existieran registros en común (colaboración), habría que eliminar los registros duplicados.

El fichero contendrá otras hojas con los datos resumidos y tabulados así como los gráficos correspondientes para su posterior análisis. Es importante mencionar las hojas que contienen los datos relacionados con los autores (autor, nº de documentos); instituciones y países con quienes colaboran (institución, país, nº de documentos); títulos de publicaciones y categorías en las que están encuadradas, entre otras.



El fichero correspondiente a los niveles de comunidad autónoma, contendrá además, por un lado, hoja con la unión de todos los registros de las distintas Universidades y/o Departamentos; hoja con todos los registros, una vez eliminados los duplicados que nos permitirá ver la producción total por Comunidad y otras hojas que contienen las tablas y gráficos resumen de los datos por Comunidad.

Una vez resumidos los datos, obtenemos un cuadro resumen como el mostrado a continuación, que nos ofrece los datos obtenidos por las distintas Universidades.

Universidad	Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/do	L-ia-I	Cit'11	Cit/do	L-ia-I	Ing	Esp	Otr
Almería	14	9	4	17	10	12	13	<b>79</b>	77	2	515	6,52	13	1217	15,40	19	78	1	0
Cádiz	5	15	13	10	9	14	11	<b>77</b>	75	2	538	6,99	12	1028	13,35	18	77	0	0
Córdoba	11	6	9	11	12	13	8	<b>70</b>	69	1	314	4,43	8	736	10,51	16	61	7	2
Granada	12	10	11	9	13	14	24	<b>93</b>	91	2	422	4,43	11	843	9,13	17	78	14	1
Huelva	8	12	17	11	14	13	13	<b>88</b>	87	1	348	5,55	12	913	10,38	17	81	7	0
Jacán	6	1	2	0	3	4	1	<b>17</b>	17	0	50	2,94	5	190	11,18	7	14	3	0
Málaga	5	7	4	5	12	13	15	<b>61</b>	61	0	404	6,62	11	857	14,05	17	60	0	1
Pablo de Olavide	0	0	1	2	1	2	5	<b>11</b>	10	1	35	3,18	3	85	7,73	6	8	3	0
Sevilla	13	20	25	23	19	29	20	<b>149</b>	146	3	859	5,77	15	1881	12,70	23	141	8	0

Por el tipo de estudio que se realiza y los indicadores que se proponen para el análisis de los resultados, son importantes, en todos los niveles analizados, las columnas que se corresponden con los campos de autores e instituciones que serán utilizadas para la obtención de indicadores tanto de producción de los autores como el grado de autoría y colaboración institucional, por un lado. La información contenida en estos campos requieren de un trabajo adicional: la normalización de sus datos. Por otro, aquellas que contienen la información relacionada con las revistas que publican los documentos y el de las categorías en las que están encuadradas éstas. Del mismo modo, es interesante el campo que contiene las referencias de los documentos. Todos estos datos estarán en nuevas hojas de Excel.

## 3.2.7 Análisis de los datos

Una vez realizadas las búsquedas pertinentes y la recuperación de los datos en las bases; tratados y normalizados los registros, el nombre de los autores y universidades a las que están adscritos,... , hay que detallar, en cada momento, tanto las técnicas estadísticas e indicadores propuestos para analizar estos datos. Así, y aun partiendo del hecho de que la bibliometría comprende, entre otras, la aplicación de análisis y métodos estadísticos<sup>203</sup>, en el presente apartado detallamos las técnicas y/o métodos estadísticos por un lado y, por otro, la propuesta de los indicadores utilizados para el análisis de los datos.

### 3.2.7.1 Análisis estadístico

Estadística: herramienta fundamental para el análisis de la información.

*Estadística descriptiva*: descubre, resume y analiza la información, mediante la distribución de frecuencias (tablas) y representación gráfica, medidas de tendencia central y de dispersión, etc.

*Inferencia estadística*: colección de técnicas que permiten formular inferencias inductivas y que proporcionan una medida del riesgo de estas.

El aspecto más importante de la estadística es la obtención de conclusiones basadas en los datos experimentales. Este proceso se conoce como *inferencia estadística*.

*Hipótesis estadística*: es un modelo matemático de un problema del mundo real. Si una hipótesis afirma que no hay diferencia significativa entre dos o más clases, respecto a alguna característica, entonces la hipótesis se llama hipótesis nula.

---

<sup>203</sup> Spinak, E. (1998). Indicadores cuantitativos. *Ci. Inf.*, vol. 27(.2).

La probabilidad de rechazar falsamente una hipótesis verdadera, se conoce como error tipo I (nivel de significación  $\alpha$ ). El segundo tipo de error es el tipo II, que se da cuando se acepta una hipótesis falsa.

*Contraste paramétrico:* este tipo de pruebas involucran parámetros de la población o de la muestra (media, desviación típica, etc.).

*Contraste no paramétrico:* cuando los parámetros de la población no son de nuestro interés, o no se emplean o, simplemente, no se cumplen ciertos supuestos en la población o muestra (normalidad, homocedasticidad, etc.), se utilizan estas otras pruebas. Los métodos no paramétricos son métodos inferenciales que no precisan de la distribución poblacional ni necesariamente del carácter cuantitativo de las observaciones.

Entre los test no paramétricos se encuentran: contraste de la  $\chi^2$ , para datos agrupados en una tabla de contingencia o para probar una hipótesis respecto al ajuste de una distribución teórica, como son la distribución normal, la de *Poisson* o la exponencial. Test de *Kolmogorov-Smirnov*, prueba de bondad de ajuste más apropiada que la  $\chi^2$  cuando la función de distribución acumulativa es continua. Test *U* de *Mann Whitney*, uno de los contrastes más potentes, ya que utiliza la mayor parte de la información cuantitativa que poseen los datos (se emplea con mucha frecuencia como alternativa a la *t* de *Student* cuando las medidas no llegan a tener la calidad correspondiente a una escala de intervalos). Test *tau-b* de *Kendall*, que se utiliza para medir correlación ordinal, cuando los datos están ordenados según su rango, en una escala ordinal.

Para mostrar la asociación entre el número de artículos y el porcentaje de artículos con colaboración internacional en cada año; y entre el número de artículo de una categoría del *Journal Citation Reports* (JCR) y su porcentaje de artículos con colaboración internacional se utiliza el test *tau-b* de *Kendall*, para obtener el coeficiente de correlación.

Para probar si había diferencia entre el número de citas recibidas por los artículos con colaboración internacional y los artículos sin colaboración internacional, o entre artículos con cuatro o más autores y artículos con menos de cuatro autores, se utilizó el test *U* de *Mann-Whitney*. El punto de corte para el número de autores está basado en el valor de la media.

A valor  $p < 0.05$  se considera estadísticamente significativa (bilateral).

El análisis estadístico fue realizado con el paquete estadístico IBM SPSS 19.0 para Windows<sup>204</sup>.

### 3.2.7.2. Análisis bibliométrico: Indicadores

La evaluación es una faceta importante en la actividad científica, siendo uno de los métodos principales para dicha evaluación el análisis bibliométrico. La Bibliometría cuenta con herramientas, leyes y métodos que permiten observar aspectos tanto cuantitativos como cualitativos de medición de la ciencia.

La Bibliometría<sup>205</sup> es pues, una disciplina con alcance multidisciplinario y la que analiza uno de los aspectos más relevantes y objetivos de esa comunidad, la comunicación impresa.

El análisis bibliométrico permiten obtener una visión general de la investigación científica de un país, de una institución, de un área científica determinada, de un grupo de investigadores o un investigador en concreto; de un grupo de documentos o revistas donde se publican, posibilitando detectar los principales investigadores y nuevas vías de investigación así como temas “candentes” de investigación y permite analizar tanto tendencias temporales como comparaciones entre investigadores, grupos, regiones y países.

Uno de los objetivos principales de los estudios bibliométricos es el tratamiento y análisis cuantitativo del resultado de la actividad científica; que no es otro que la publicación científica como producto final (output). La evaluación de esta actividad investigadora se realiza, mayoritariamente, utilizando técnicas bibliométricas.

Los indicadores bibliométricos son primariamente datos numéricos sobre fenómenos sociales de la actividad científica relativos a la producción, transmisión y

---

<sup>204</sup> SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA.

<sup>205</sup> Spinak, (1998), *op. cit.*

consumo de la información<sup>206</sup>, siendo su uso parte importante en la evaluación de dicha actividad. Así, tanto a nivel institucional como del propio productor (investigador), es paulatina la aceptación y uso de estos indicadores.

La bibliografía relacionada con los indicadores bibliométricos y la clasificación de los mismos es extensa. Así, Sancho<sup>207</sup>, citando a Moravcsik<sup>208</sup>, la ciencia se puede estudiar bajo los aspectos de la actividad, la productividad y progreso científico.

Para Spinak<sup>209</sup> los indicadores bibliométricos pueden clasificarse como “indicadores de de publicación” e “indicadores de citación”, los cuales miden la cantidad e impacto de las publicaciones, los primeros; los segundos, la cantidad e impacto de las relaciones entre las publicaciones científicas.

Maltrás<sup>210</sup> los define como *medidas obtenidas a partir del análisis estadístico de los rasgos cuantificables de la literatura científica*, y agrupa y clasifica los indicadores en indicadores de producción, indicadores de “calidad” e indicadores bibliométricos de colaboración.

Otros autores como López Piñero y Terrada<sup>211</sup> agrupan los indicadores en cuatro grupos: producción, circulación y dispersión, consumo y repercusión de las publicaciones y la información que contienen. Los siguientes cuadros resumen los indicadores propuestos por estos autores.

---

<sup>206</sup> López Piñero, J.M.; Terrada, M.L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I) Usos y abusos de la bibliometría. *Medicina Clínica* (Barcelona), vol. 98, pp. 64-68.

<sup>207</sup> *Ibidem*.

<sup>208</sup> Moravcsik, M.J. (1985). The assesment of scientific output. Wokshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector. París 10-13. Junio 1985. OECD-DSTI/SPR/85, 2407.

<sup>209</sup> Spinak, E (1998). Indicadores cienciométricos. *Ci Inf.*, 27.

<sup>210</sup> Maltrás Barba, (2003), *op. cit.*

<sup>211</sup> López Piñero, (1992), *op. cit.*

### 1. Indicadores de producción

**Concepto:** Son medidas basadas en el recuento de publicaciones con el objeto de cuantificar los resultados de las investigaciones científicas

**Tipos:**

- *Nº de documentos:* conteo de publicaciones
- *Equivalentes a documentos completos:* se refiere al caso en el que el recuento se hace con algún tipo de fraccionamiento (*Índice de productividad fraccionaria*)
- *Solidez o Índice de productividad de Lotka:* es el logaritmo decimal del número de documentos de un autor
- *Percentil productivo:* es la posición de un investigador, respecto al porcentajes de colegas que supera: % de autores que estaría por detrás de él
- *% en el área:* cálculo del % que representa respecto al marco disciplinar
- *Índice de cooperación o número de firmas:* la media de firmas por cada trabajo
- *Índice de referencias por artículo:* cociente entre el número de referencias y el número de artículos publicados.

### 2. Indicadores de circulación y dispersión

**Concepto:** La circulación de los trabajos científicos se efectúa a través de las bases de datos bibliográficas.

**Tipos:**

- *Índice de productividad circulante:* logaritmo decimal del número de trabajos circulantes en una base de datos
- *Índice de Circulación:* Cociente entre el número de trabajos circulantes y el número de trabajos publicados.
- *Índice de difusión internacional:* es el logaritmo decimal del número de documentos de un autor
- *Percentil productivo:* Cociente entre el número de trabajos circulares en n bases de datos internacionales y el número de trabajos publicados, multiplicado por n.
- *Dispersión de Bradford:* ordenación de las revistas según su productividad en zonas concéntricas de productividad decreciente.

### 3. Indicadores de consumo

**Concepto:** Se refieren al análisis de las referencias bibliográficas.

**Tipos:**

- *Vida media o semiperiodo (half-life) de las referencias:* es el tiempo o número de años en que la utilidad de una bibliografía se reduce al 50% (semiperiodo: mediana de la distribución de las referencias por años de procedencia)
- *Índice de Price:* porcentaje de referencias con una antigüedad menor a 5 años.
- *Índice de aislamiento:* porcentaje de referencias que corresponden al mismo país que la publicación citadora, reflejando el grado de aislamiento o de apertura exterior.
- *Distribución de las referencias* según el país, idioma, tipo de documento, temática, etc.

#### 4. Indicadores de calidad, repercusión, impacto, influencia o visibilidad

##### Tipos:

- *Índice de visibilidad*: es el logaritmo decimal de las citas recibidas
- *Índice de influencia*: es el cociente entre el número de citas recibidas y las referencias emitidas.
- *Vida media de las citas*: Mediana de la distribución de las citas por año de emisión.
- *Índice de impacto*: Cociente entre el número de citas recibidas y el número de trabajos publicados
- *Índice de impacto relativo*: Cociente entre el índice de impacto de un autor, revistas o grupo y el índice de impacto máximo del campo al que pertenece.
- *Factor de impacto*: es el cociente entre las citas recibidas en un año, por los artículos publicados por una revista los dos años anteriores, y el total de artículos publicados por dicha revista en los dos años previos.
- *Indicador P-10 y %SUP*: Ambos se calculan a partir de la puntuación otorgada a cada documento, sobre la base de la posición que ocupa en la producción total del área científica a la que pertenece.
- *Indicador P-10*: Cada documento estará en el decil 1º, 2º, etc. Si está en el 1º se le otorga como puntuación un 10; si está en el 2º se le otorgan 9 puntos, etc. Al final obtendrá la suma total.
- *% SUP*: Expresa en % la proporción que representa en un agregado (una institución, un área, etc.), los documentos que tienen puntuación 10 (primer decil) de excelencia científica.

### 3.2.7.3 Colaboración científica

El análisis cuantitativo de la colaboración científica no es solo una cuestión metodológica sino que tiene, también, un interés teórico.

El crecimiento de la colaboración científica es uno de los fenómenos más destacables de entre todos los que han contribuido a la transformación de la ciencia desde hace más de tres siglos<sup>212</sup>. Este crecimiento ha variado según la época y según la disciplina. Actualmente, se observa un fuerte incremento de la colaboración científica, siendo más alto en aquellas disciplinas consideradas como ciencias duras, que en las ciencias sociales o humanidades<sup>213</sup>.

<sup>212</sup> Price, D. J. de Solla (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press

<sup>213</sup> Bandyopadhyay, A.K. (2001). Authorship patterns in different disciplines. *Annals of Library and Information Studies*, vol. 48(4), pp.139-147.

Independientemente de su origen, la colaboración científica ha alcanzado una gran importancia e interés en la ciencia actual, en la llamada Gran Ciencia. Y en las últimas décadas es una de las preocupaciones centrales de los gestores de política científica. Parece ser que la institucionalización de la colaboración científica mejora tanto la transferencia como la difusión de los resultados.

Price y Beaver<sup>214</sup> fueron los primeros en usar las relaciones de co-autoría para investigar las estructuras sociales y la influencia en ciencia, y más específicamente las redes de comunicación.

Son múltiples los motivos que llevan a un investigador a trabajar y publicar en equipo. Tal vez, los más plausibles sean la especialización y el aumento de la eficacia del investigador, esto es, la profesionalización<sup>215</sup>.

El análisis cuantitativo de la colaboración, en las publicaciones científicas, parte de los datos sobre el autor y la institución de donde procede. Está ampliamente asumido que podría entenderse de varias formas, por ejemplo, internacional, entre sectores, entre universidades, entre ciencia y tecnología, entre disciplinas científicas, de forma individual o a nivel institucional<sup>216</sup>.

Los estudios más citados, sobre colaboración, son los de Price<sup>217</sup> y Crane<sup>218</sup>, quienes introdujeron y desarrollaron el concepto de *colegio invisible* como redes de comunicación informal con alguna forma de organización social.

Recientemente, Chen y Liu<sup>219</sup> examinaron la colaboración internacional en el campo de la mecánica entre autores de 30 países diferentes, usando redes sociales.

Harrison<sup>220</sup> estudió la autoría de la revista *Conservation Biology*, desde el principio en 1987 hasta 2005.

---

<sup>214</sup> Price, D. J. de Solla; Beaver, D. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, vol. 21(11), pp. 1011-1018.

<sup>215</sup> Beaver, D.; Rosen, R. de B. (1978). Studies in scientific collaboration, Part. I. The professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics*, vol. 1(1), pp. 65-84.

<sup>216</sup> Katz, J.S.; Martin, B.R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, vol. 26(1), pp. 1-18.

<sup>217</sup> Price, D. J. de Solla, (1963). *Op. cit.*

<sup>218</sup> Crane, D. (1972). *Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

<sup>219</sup> Chen, L.; Zeyuan, L., (2006). International Mechanics Collaboration in 30 Countries. En *Proceedings International Workshop on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Seventh COLLNET Meeting*. Nancy (France): SRDI-INIST-CNRS, pp. 163-170.



Hou, Kretschmer y Liu<sup>221</sup> tratan de revelar la microestructura de la red de colaboración en la revista *Scientometrics* haciendo uso del análisis de redes sociales, análisis de co-ocurrencia, análisis de cluster y análisis de frecuencia de palabras. Sin embargo, los trabajos dedicados al estudio de la colaboración, en *Ingeniería Química*, han sido escasos. En estos casos, los estudios suelen abarcar múltiples sectores, entre ellos el de la ingeniería química.

En el trabajo de Peters, Hartmann y van Raan<sup>222</sup> se concluye que las publicaciones reconocidas internacionalmente son citadas con mayor frecuencia que las que no tienen ese reconocimiento. Los artículos publicados en revistas prestigiosas de ingeniería química son, en promedio, mucho más citados que aquellos otros publicados en revistas con menos prestigio.

En 1991, Peters y van Raan<sup>223</sup> emprendieron un análisis de la co-autoría para identificar colaboraciones en una variedad de disciplinas, incluyendo la ingeniería química. Los resultados fueron discutidos con expertos y comparados para analizarlos desde el análisis de citas.

#### 3.2.7.4. Análisis de Redes

Para estudiar la colaboración científica entre las distintas universidades españolas, se ha elaborado una matriz cuadrada, donde filas y columnas están representadas por las distintas universidades; cada celda indica el número de colaboraciones entre las dos universidades. La matriz se analizará mediante el software UCINET 6.258<sup>224</sup> y NetDraw 2.091<sup>225</sup>, obteniéndose la red y una serie de parámetros.

---

<sup>220</sup> Harrison, A. L. (2006). Who's who in Conservation biology - an authorship analysis. *Conservation Biology*, vol. 20(3), pp. 652-657.

<sup>221</sup> Hou, H.; Kretschmer, H.; Liu, Z. (2008). The structure of scientific collaboration networks in *Scientometrics*. *Scientometrics*, vol. 75(2), pp.189-202.

<sup>222</sup> Peters, H.P.F.; Hartmann, D.; van Raan A.F.J.(1988). Monitoring Advances in Chemical Engineering. En *Informetrics 87/88* (L. Egghe, & R. Rousseau, eds.). Amsterdam: Elsevier Science Publishers, pp. 175-195.

<sup>223</sup> Peters, H. P. F.; van Raan, A. F. J. (1991). Structuring scientific activities by co-author analysis. An exercise on a university faculty level. *Scientometrics*, vol. 20(1), pp. 235.255.

<sup>224</sup> Analytic Technologies, Social Network Análisis Software. [En línea]. Disponible en: <http://www.analytictech.com/products.htm> [consulta: marzo 2012].

<sup>225</sup> *Ibidem*

Para realizar una primera aproximación a la estructura de la red se analizará su cohesión, analizando su densidad, la distancia media entre nodos y el nivel de alcanzabilidad de unas universidades con otras, en términos de colaboración científica.

La distancia (*average distance*) media que existe entre dos nodos, mide el esfuerzo que debe hacer una universidad para colaborar con otra.

El indicador alcanzabilidad (*reachability*) indicará cuáles universidades son alcanzables por otras en términos de colaboración.

Un análisis de las medidas de centralidad permitirá conocer la posición de cada universidad dentro de la estructura de la red, para ello se calculan los siguientes parámetros: rango o grado nodal (*degree*), grado de intermediación (*betweenness*) y cercanía (*closeness*). Estos indicadores mostrarán aquellas universidades más centrales, más prestigiosas y con una mayor actividad en términos de colaboración:

*Degree*: el grado nodal o rango es el número de colaboraciones directas de una universidad, es decir, con cuántas universidades estarán conectadas.

*Betweenness (intermediación)*: con el cálculo del grado de intermediación se va a intentar conocer la frecuencia con que aparece una universidad en el tramo más corto que conecta a otras dos. Este indicador va a mostrar aquellas universidades que son intermediarias entre otras dos del mismo grupo y que nunca han colaborado entre sí.

*Closeness (cercanía)*: para conocer la capacidad que tiene una universidad de colaborar con las demás, se calcula el grado de cercanía de las distintas universidades con respecto a las demás.

La cercanía mide la distancia media de cada universidad con el resto de universidades de la red. Los indicadores mayores sugieren que existe una mayor capacidad de colaboración.

*Subgrupos*: con el análisis de subgrupos se pretende estudiar la estructura de la red a través de una serie de medidas de agrupamiento.

a) *Cliqués*: un Cliqué es un conjunto de nodos, en nuestro caso universidades que tienen todos los vínculos posibles entre ellas.

b) *Facciones*: partición de la red en grupos de universidades en base a la similitud de las universidades con las cuales están ligados. Se maximizan las similitudes de las relaciones internas del grupo y se minimizan las relaciones externas con otros grupos.

### 3.2.7.5. Indicadores aplicados

Los indicadores utilizados para el análisis de la producción científica de los investigadores de la universidad española del área de IQ, durante el periodo estudiado (2000-2006), se presentan en esta memoria siguiendo el orden planteado en los epígrafes relacionados en el apartado de resultados. Esto es:

1. Indicadores relacionados con la producción de estos investigadores recuperada de las bases de datos de *WoS*. Indicadores que están relacionados con los documentos; las citas que reciben éstos y las dadas en estos documentos a través de la referencia; la productividad de los autores; la concentración de la producción científica de los autores; la productividad científica de los investigadores a través de los parámetros de la Ley de Lotka.
2. Indicadores relacionados con la colaboración científica, ya sea entre autores o entre instituciones.
3. Indicadores relacionados con las publicaciones científicas (revistas científicas), como son la dispersión de la literatura científica (Ley de Bradford) o el idioma y países editores de estas publicaciones.
4. Indicadores relacionados con las categorías temáticas (JCR). Indicadores relacionados con la asignación y concentración de los documentos a estas categorías o la asignación de las revistas a las distintas categorías.
5. Repercusión de la producción y posición de las revistas en las categorías temáticas en las que están encuadradas.

### 3.2.7.5.1 Indicadores relacionados con la producción

1. **Número de documentos:** Es simplemente un conteo de publicaciones. Es el más sencillo, pues se limita al simple recuento de documentos. Su interés está relacionado con la evolución a lo largo de un periodo de tiempo.

**Indicadores:**

- número de documentos en un año dado (**NDoc**).
- porcentaje del número de documentos en un año en relación al número total de documentos en el periodo estudiado (**NDoc**)

2. **Números índice:** es un indicador que describe los cambios de una variable en el tiempo, es decir, su evolución a lo largo de un determinado período. El interés de este indicador es, por tanto, observar la evolución de la producción durante el periodo estudiado. Es utilizado para medir el crecimiento del número de publicaciones.

**Indicadores:**

- **Incremento de la Producción:** Porcentaje de crecimiento en comparación con la producción del año base (primer año de estudio). Se comparó el número de documentos de cada año en relación con el número de publicaciones en el año base 2000. Esto se calculó sobre la base de la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{p_1}{p_0} * 100$$

Donde:

IP = % incremento

$p_1$  = número de documentos en el año n

$p_0$  = número de documentos en el año 2000

Supóngase por ejemplo que la producción científica de un departamento fue de 50 artículos en el año 2000 y de 60 artículos en el año 2001. Entonces  $p_0 = 50$  y  $p_1 = 60$ . El incremento de la producción se obtiene calculando el cociente entre  $p_1$  y  $p_0$  ( $p_1/p_0$ ) y multiplicando por 100.

Comparamos pues, a través del mencionado cociente la producción en cada período con el correspondiente al período base. De esta forma, la productividad en 2000, con base en ese mismo año es:

$$IP_0^0 = \frac{P_0}{P_0} * 100 = (50/50) * 100 = 100$$

mientras que, para 2001 es:

$$IP_0^1 = \frac{P_1}{P_0} * 100 = (60/50) * 100 = 120$$

Al comparar los números índices vemos que la producción de 2001 fue un 20% superior que en 2000. Si en 2002 la producción fuese de 35 artículos, el índice de 2002 con base en 2000 sería:

$$IP_0^2 = \frac{P_2}{P_0} * 100 = (35/50) * 100 = 70$$

Vemos que la producción en este año fue un 30% menor que en el año 2000.

- **Tasa de Variación interanual:** Porcentaje de crecimiento en comparación con la producción del año anterior. Compara el número de documentos de cada año en relación con el número de publicaciones en el año anterior. Se calculó sobre la base de la siguiente ecuación:

$$IV_{interanual} = \frac{P_1 - P_{(n-1)}}{P_{(n-1)}} * 100$$

Donde:

$IV_{interanual}$  = índice de variación interanual

$p_n$  = número de documento en el año  $n$

$p_{(n-1)}$  = número de documentos en el año  $n-1$

3. **Relación con su disciplina:** medido en relación de una universidad y/o departamento en relación a la producción total de la IQ.

**Indicadores:**

- % en el área: porcentaje del número de documentos que representa respecto al marco disciplinar.

4. **Citación:** reconocimiento de los autores a otros trabajos publicados con anterioridad. Es importante, en cuanto a que detecta autores, trabajos y/o revistas con mayor impacto en la comunidad científica y, a su vez, es un instrumento eficaz,

tanto para estudiar el consumo de la información a través de las revistas en las que se publican los resultados científicos, como para la planificación de recursos por parte de unidades de información. Resulta ser una potente herramienta para la evaluación científica (bien de autores, de instituciones, de regiones, etc.).

#### **Indicadores Citas recibidas:**

- Número de de citas (Cit): Total de citas recibidas por el conjunto de documentos estudiados.
- Promedio de cita por documento en el año  $t$
- Promedio de cita por documento durante el periodo estudiado
- %  $\Delta$ Cit: incremento del número de citas, en un año dado, en relación al año anterior
- % documentos citados (%DocCit): porcentaje de documentos citados en relación al número total de documentos del periodo estudiado
- % documentos citados anual (%DocCit<sub>año-t</sub>): porcentaje de documentos citados en relación al número de documentos en el año  $t$
- % documentos no citados (%DocNCit): porcentaje de documentos no citados en relación al número total de documentos del periodo estudiado
- % documentos no citados anual (%DocNCit<sub>año-t</sub>): porcentaje de documentos no citados en relación al número total de documentos en el año  $t$
- *h-index*: Índice H del conjunto de documentos estudiado. Ejemplo: *h-index* = 70 significa que, existen 70 documentos que obtienen un número de citas  $\geq 70$ .

#### **Indicadores citas emitidas (referencias citadas):**

- Número de referencias: número total de citas dadas por los documentos estudiados correspondientes al año 2006 ( $t=0$ )
- Promedio ref/doc: media del número de referencias por documento
- La vida media de las referencias<sup>226</sup>: número de años transcurridos para que la utilidad de una bibliografía se reduzca al 50%
- Obsolescencia: factor de envejecimiento anual a partir de la vida media de las referencias
- Índice de Price<sup>227</sup>: porcentaje de referencias bibliográficas, respecto al total, con una antigüedad menor a 5 años. Este indicador nos va a comparar el grado de actualidad de la bibliografía utilizada.

---

<sup>226</sup> Burton, R.E.; Kebler, R.W. (1960). The "half-life" of Some Scientific and Technical Literatures", *American Documentation*, vol.11, pp. 18-22.

## 5. Autoría

- Número de autores: número total de autores participantes en el total de documentos de estudio.
- Productividad ( $NP$ )<sup>228</sup>: productividad de los autores distribuidos en tres niveles:
  - $NP = 0$ : pequeños productores: aquellos que sólo han firmado un trabajo
  - $0 < NP < 1$ : medianos productores: aquellos cuya producción está comprendida entre 2 y 9 trabajos
  - $NP \geq 1$ : grandes productores: los autores que firman 10 o más trabajos:  
Siendo  $NP$  el logaritmo decimal de número de documentos publicados y  $N$  el número de trabajos.
- Índice de Price<sup>229</sup>: número de autores eminentes, resultante de la raíz cuadrada del número total de autores
- Concentración de la producción científica entre los autores, a través de:
  - *Índice de Gini*. El objetivo del Índice de Gini<sup>230</sup> es constatar y observar si la producción científica analizada está equitativamente distribuida entre los autores o si, por el contrario, está concentrada entre ciertos autores.
  - *Curva de Lorenz*. La curva de Lorenz<sup>231</sup> es una gráfica que se deduce a partir de la información suministrada para el cálculo del índice de Gini y que, por tanto, refleja la mayor o menor concentración en la distribución de una magnitud. Existe, por tanto, una relación directa entre el Índice de Gini y la forma de la curva de Lorenz, suponiendo ésta última una información adicional muy interesante sobre la forma en que se ha llevado a cabo el reparto de la cuantía total.
- Productividad científica de los autores: Estimación de los parámetros de la *Ley de Lotka*

---

<sup>227</sup> Price, D. J. de Solla (1970). *Citation measures of hard science, soft science, technology, and non-science*. En: C. Nelson and D.K (Eds.), *Communication among scientist and engineers*.

<sup>228</sup> López Piñero, (1992), *op. cit.*

<sup>229</sup> Price, D. J. de Solla (1971). Some remarks on elitism in information and the invisible college phenomenon in science. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 22(2), pp. 74-75.

<sup>230</sup> Gini, C., (1909), *op. cit.*

<sup>231</sup> Lorenz, (1905), *op. cit.*

### 3.2.7.5.2 Indicadores relacionados con la colaboración científica

La colaboración es un factor decisivo, tanto en el proceso de generación del conocimiento como en la difusión de los resultados. En ciencia y tecnología es cada vez más elevado el nivel de colaboración ya sea entre instituciones o entre autores.

La colaboración es analizada desde dos puntos de vista: entre autores, obteniéndose la tasa o grado de coautoría y el Índice de coautoría (Ic) y entre instituciones, distinguiéndose en este caso entre colaboración nacional, internacional o mixta.

**6. Coautoría:** A través de la coautoría se mide el grado de colaboración entre los autores

**Indicadores:**

- Tasa de coautoría (Tc): proporción de documentos firmados por más de un autor
- Índice de coautoría (Ic): media del número de firmas por documento
  - *Índice de coautoría anual:* media del número de firmas por documento por año.

**7. Colaboración institucional:** Grado de colaboración entre las distintas instituciones

**Indicadores:**

- Documentos en colaboración: número de documentos en los que en su elaboración, participan más de una institución
- Documentos sin colaboración: número de documentos en los que, en su elaboración, únicamente participan investigadores de una institución
- Tasa de colaboración: número de trabajos firmados por más de una institución
- Índice de colaboración: promedio de instituciones por documento
- Colaboración nacional: nº de documentos en los que cooperan únicamente instituciones nacionales
- % Documentos con colaboración nacional: porcentaje de documentos por número de instituciones participantes en colaboración nacional
- Colaboración internacional: nº de documentos en los que cooperan únicamente instituciones internacionales



- % Documentos con colaboración internacional: porcentaje de documentos por número de instituciones participantes en colaboración internacional
- Colaboración mixta: nº de documentos en los que participan instituciones nacionales e internacionales
- Tipología de instituciones: Caracterización de la institución que colabora en el documento. Ejemplo: Universidad, Empresa, Institutos de investigación, etc.
- Colaboración intrauniversitaria: colaboración en la elaboración de un documento entre el Área de IQ y otra área o departamento de su propia universidad

#### 4.2.7.5.3 Indicadores relacionados con las publicaciones científicas

8. **Revistas científicas:** los distintos títulos de publicaciones científicas, indexadas en las bases de datos de *WoS*, en el periodo estudiado y que son utilizadas por los IQ para publicar los documentos, en el periodo estudiado

**Indicadores:**

- Número de revistas: número total de revistas científicas utilizadas para la publicación de los documentos de estudio
  - % documentos/revistas: promedio de documentos publicados en una revista
  - Índice de productividad: nivel de productividad de una revista con un número determinado de documentos ( $IP = \log N$ )
  - Índice de transitoriedad: porcentaje del número de revistas que, durante el periodo de tiempo analizado, únicamente publican un documento
  - % país editor: porcentaje de revistas según el país donde está editada
  - % idioma: porcentaje de revistas según el idioma en el que publican los documentos. Ejemplo: inglés, multilingüe, ... español
  - Revistas hispanoamericanas: número de revistas de ámbito hispanoamericano indizadas en *WoS* durante el periodo analizado
- **Ley de Bradford:** Dispersión de la literatura científica

### 3.2.7.5.4. Indicadores relacionados con las categorías temáticas (JCR)

El *JCR* ofrece una clasificación por categorías (Subject Category Listing) de las revistas indizadas en *WoK* (Thomson Reuter), teniendo en cuenta que una misma revista puede aparecer en más de una categorías temáticas.

#### 9. *Categorías temáticas (JCR):*

##### *Indicadores:*

- Número de categorías: número total de categorías temáticas del *JCR* en las que están encuadradas las revistas que publican los IQ
- Número de revistas por categoría
- Número de documentos por categoría
- % revistas por categoría: porcentaje de revistas por categoría temáticas
- % documentos por categoría: porcentaje de documentos por categorías temáticas
- % uniasignación revistas: porcentaje de revistas que están encuadradas únicamente en una categoría del *JCR*
- % uniasignación documentos: porcentaje de documentos publicados en revistas asignadas únicamente en una categoría del *JCR*
- % de multiasignación: porcentaje de revistas que están en cuadradas en más de una categoría
- % multiasignación documentos: porcentaje de documentos publicados en revistas encuadradas en más de una categoría del *JCR*

### 3.2.7.5.5. Indicadores relacionados con la repercusión de la producción

Los indicadores propuestos en relación a la repercusión del conjunto de documentos analizados, se muestran en relación a las revistas científicas en las que están publicados estos documentos y en relación a las categorías temáticas en las que están distribuidos.

## 10. Revistas científicas.

### Indicadores

- Factor de Impacto (FI): indicador que mide la difusión internacional de los documentos en función de las revistas en que son publicados  
Por ejemplo: el FI de una revista en el año 2002 se calcularía de la siguiente forma:

$$FI_{2002} = \frac{\text{n}^\circ \text{ citas en 2002 a ítems publicados en 2001 y 2000}}{\text{n}^\circ \text{ ítems citables publicados en 2001 y 2000}}$$

- FI-5: Indica el factor de impacto medio de los últimos cinco años de una revista concreta.

Por ejemplo: para el cálculo de este factor medio, de una revista concreta en 2007, FI-5<sub>2007</sub>, el JCR lo calcula de la siguiente forma:

$$FI-5_{2007} = \frac{(\sum \text{ Citas en } \{2007\} \text{ a ítems publicados en } \{2006-2002\})}{(\sum \text{ Número de ítems publicados en } \{2006-2002\})}$$

- Quartil (Q): indicador que facilita la posición de una revista dentro de la categoría temática en la que está encuadrada.
  - Q1: porcentaje de revistas y documentos que están encuadradas en el primer 25% dentro de una categoría temática
  - Q2: porcentaje de revistas y documentos que están encuadradas en el segundo 25% dentro de una categoría temática
  - Q3: porcentaje de revistas y documentos que están encuadradas en el tercer 25% dentro de una categoría temática
  - Q4: porcentaje de revistas y documentos que están encuadradas en el cuarto 25% dentro de una categoría temática
  - TOP3: indicador que facilita información sobre aquellas revistas que están posicionadas, según el FI, en los tres primeros lugares dentro de una categoría temática.

## 11. Categorías temáticas (JCR)

### Indicadores

- Factor de Impacto medio (FIM IQ): mide el promedio de los factores de impacto de los documentos en función del FI de la revistas en las que están publicados:  $FIM_{2006} = \frac{\sum (FI_{Rev} \cdot N_{doc'06})}{N^\circ \text{ Doc}}$
- Factor de Impacto relativo (FIR): es el cociente entre el FI medio de la producción de la IQ y de la producción total recogida en las

revistas recogidas por el JCR en un año determinado. Un  $FIR > 1$ , nos indica que el colectivo analizado publica en revistas de mayor FI que el promedio de los documentos del JCR. Un  $FIR < 1$ , significaría lo contrario:  $FIR_{2006} = FIM_{2006}IQ / FIM_{2006} JCR$ .

- Índice de Actividad (IA): es el porcentaje de la producción que un centro, institución o área geográfica dedica a un tema determinado, dividido por el porcentaje que ese tema representa en la producción nacional. Así, un  $IA > 1$  indica una actividad mayor que la media del país en el área, un  $IA < 1$  indica una actividad menor que el promedio, y un  $IA = 1$  para un tema indica que el esfuerzo investigador del centro, institución o región en el área coincide con la media de nacional. Por ejemplo, el índice de actividad para los documentos clasificados en una categoría temática concreta en 2006, se calcularía de la siguiente forma:  $IA_{2006} =$  al cociente entre el número de documentos publicados en 2006 por los IQ españoles en una categoría determinada partido por el número total de documentos publicados por este colectivo durante el periodo analizado, partido por el cociente entre el número de documentos publicados en España en el año 2006 clasificados en esa categoría, partido por el total de documentos publicados en España, durante el periodo de estudio, en esa categoría temática.



Fuente: Octave Levenspiel, The Chemical Reactor Omnibook, OSU Book Stores, 1996

## **CAPÍTULO IV. Resultados y Discusión**



## 4.0 Presentación de los datos

En este apartado se recoge los resultados obtenidos de la producción científica de los docentes y/o investigadores del área de *Ingeniería Química* de la universidad española.

La producción fue recuperada de las bases de datos WoS (Thomson Reuters, antes ISI), en el periodo comprendido entre 2000 y 2006, ambos incluidos.

Los resultados se presentan en dos niveles:

- Nivel 1: Nacional –datos globales-
- Nivel 2: Universidad –como unidad institucional-
  - Subnivel 2.1 Departamento –casos con más de un área de IQ en una misma universidad-

Se presenta, en primer lugar, un resumen de los resultados más relevantes obtenidos del conjunto de documentos producidos por los investigadores del área de IQ de la universidad pública española, del mismo modo que los datos referidos a la producción científica española y universitaria, durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 2000-2006, ambos incluidos, recuperados en las mismas de datos.

En segundo lugar, se detalla la producción del área de Ingeniería Química de la universidad española, a la que se le aplica el análisis estadístico correspondiente para la obtención de los indicadores propuestos. Esto es, del conjunto de documentos resultante de unir cada una de las producciones por universidad y eliminados aquellos registros que estén duplicados debido a la colaboración entre distintas universidades y/o departamento, se obtiene la producción científica de la IQ española neta.

En tercer lugar, se resumen los resultados más relevantes de las distintas universidades y/o departamentos en relación a producción, citas recibidas y colaboración: Nivel 2 y subnivel 2.1.

Por último, y en cuarto lugar, se muestran los resultados más relevantes para cada una de las universidades o departamento. –En el caso de que en una misma universidad exista más de un Dpto. que contenga el área de IQ-<sup>232</sup>.

En este caso y, para ello, se tienen en cuenta todos los registros hallados para distintas unidades de análisis, independientemente de si en un mismo documento aparece una o más de una universidad y/o departamento con área de IQ.

Si en un registro se identifican como firmantes autores de más de una universidad y/o Dpto., el registro se contabilizará en cada una de las universidades. Igualmente, se muestran los resultados globales de la producción científica, tanto en España como en las universidades españolas, en el periodo estudiado.

---

<sup>232</sup> Se ha de tener en cuenta que una misma Universidad puede tener varios departamentos con un área de *Ingeniería Química*.



## 4.1 Datos generales

La memoria de tesis analiza la actividad científica de los investigadores y/o docentes del área de *Ingeniería Química* de las distintas universidades españolas, recogida en la bases de datos *Web of Science (WoS)* de *Thomson Reuters*, durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 2000 y 2006, ambos inclusive<sup>233</sup>.

La productividad científica recogida fue de 5.028 registros que una vez eliminados los registros duplicados<sup>234</sup>, el total de documentos ascendió a 4.648, correspondiendo a la producción científica de los ingenieros universitarios españoles plasmados en los dos tipos de documentos estudiados (artículos y reviews).

El número medio de autores por trabajo fue de 4,23 con una tasa de coautoría del 99,16%, y la tasa de colaboración institucional asciende al 51,72%.

*Número de citas:* las citas fueron recolectadas en dos momentos distintos: 1) principios del año 2008, citas recibidas hasta el año 2007; 2) principios del año 2011, citas recibidas hasta el año 2010. Así el número de citas recibidas por el total de documento hasta 2007, alcanzó la cifra de 29.789, con un promedio de 6,41 citas por documento y un *h-index*, para el conjunto de documentos, de 44 (se encontraron 44 documentos con 44 citas o más cada uno). Las citas recibidas hasta 2010, alcanzó un total de 65.192, con un promedio de 14,03 citas por documento y un *h-index*, para este conjunto de documentos, de 70 (se encontraron 70 documentos con 70 citas o más cada uno).

La totalidad de documentos fueron publicados en 598 revistas distintas, pertenecientes a 115 categorías del JCR (ISI), concentrándose casi el 80% de la producción en 14 categorías temáticas, principalmente. La categoría con mayor número de ocurrencias (documentos publicados en fuentes clasificadas en esa categoría) fue *Chemical Engineering*, con un 20,38 % del total; le siguen *Physical Chemistry*, con un 9,19 % y continúan, según la frecuencia de ocurrencias, *Environmental Sciences*, con el 7,35 %; *Biotechnology & Applied Microbiology*, con un 6,67 %; *Chemistry, Multidisciplinary*, con el 5,52 % y *Engineering, Environmental*, con

<sup>233</sup> Toma de datos: 1ª. Enero-febrero'08: registros y citas obtenidas hasta esta fecha. 2ª. Enero 2011: las citas obtenidas por los documentos hasta esta fecha.

<sup>234</sup> Aquellos que, por estar en colaboración con otros autores o instituciones, se contabilizan más de una vez (universidad / departamento).

un 5,52 % del total. En total estas seis categorías suman más del 50 % del total de ocurrencias (54,62 %).

Del total de estos documentos, alrededor del 16 % de los registros están publicados en sólo 5 revistas. Las fuentes (revistas) con mayor número de artículos publicados son: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, con un total de 283 documentos (6,09 %), seguida por *Journal of Chemical and Engineering Data* (2,88%); *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* (2,41 %); *Water Science and Technology* (2,28 %) y *Desalination* (2,15 %).

### 4.1.1 Producción científica en España

La producción científica de España, recogida en las bases de datos de WoS, para el periodo de estudio, fue de 230.361 documentos, de los cuales 185.413 (80,49 %) <sup>235</sup> corresponden a documentos generados por la universidad española. Por tanto, el sector universitario es el que más producción científica generó, en España en el periodo estudiado, seguido del sector sanitario y el CSIC.

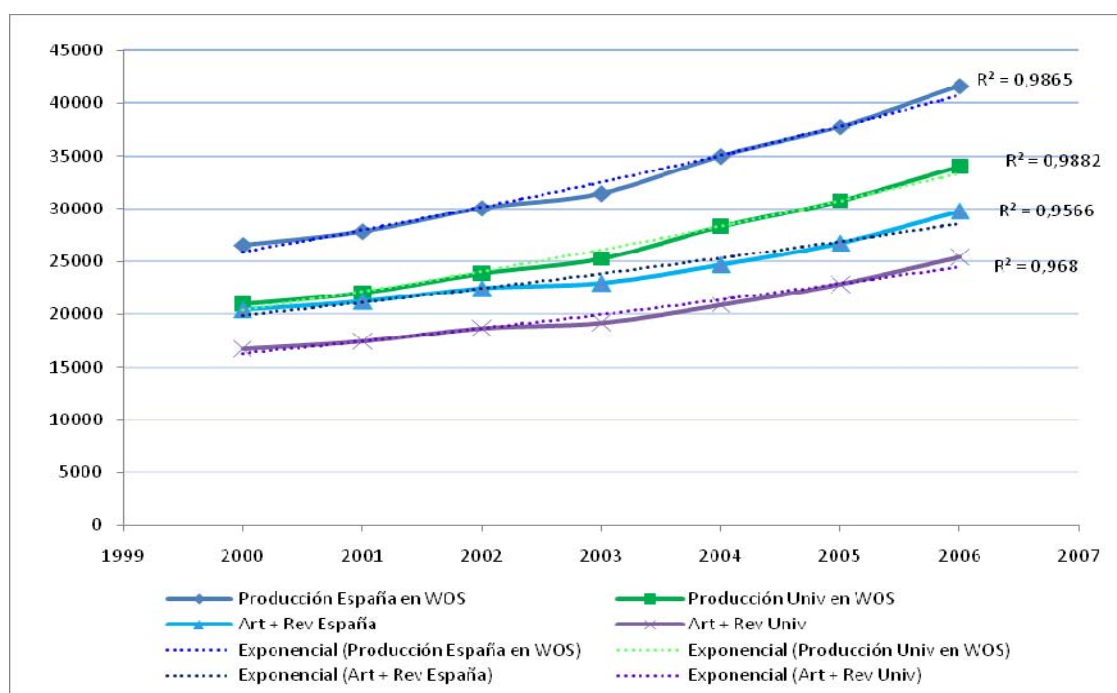
En la tabla 4.1 y figura 4.1 se muestra la evolución de la producción científica tanto nacional como universitaria durante los años 2000-2006.

**Tabla 4.1. Evolución de la producción nacional vs. universitaria**

Años	Producción nacional				Producción Universitaria				% Univ
	Nº Doc	Art	Rev	Art+Rev	Nº Doc	Art	Rev	Art+Rev	
2000	<b>26564</b>	19699	735	20434	<b>21.002</b>	16173	585	16758	79,06
2001	<b>27846</b>	20478	754	21232	<b>22.060</b>	16908	563	17471	79,22
2002	<b>30061</b>	21573	878	22451	<b>23.894</b>	18034	665	18699	79,49
2003	<b>31452</b>	22033	912	22945	<b>25.301</b>	18467	731	19198	80,44
2004	<b>34999</b>	23616	1078	24694	<b>28.344</b>	20062	852	20914	80,99
2005	<b>37777</b>	25527	1227	26754	<b>30.761</b>	21860	1001	22861	81,43
2006	<b>41662</b>	28267	1525	29792	<b>34.051</b>	24188	1239	25427	81,73
<b>Totales</b>	<b>230361</b>	161193	7109	168302	<b>185.413</b>	135692	5636	141328	<b>80,49</b>

<sup>235</sup> Según datos del informe del CSIC el porcentaje sería 60,89 %. (CSIC (2006), *op. cit*)

La tabla anterior (tab. 4.1) recoge la distribución anual, por un lado, de la producción nacional y por otro de la correspondiente a la producción universitaria española y la correspondiente a los tipos de documentos analizados en ambos casos. La información recuperada ha sido extraída de las mismas bases de datos que las utilizadas en nuestro estudio. Por otro lado, la última columna nos facilita información del porcentaje de documentos (artículos y reviews) que le corresponde a la universidad del cómputo total nacional.



**Figura 4.1. Evolución de la producción nacional y universitaria en el periodo 2000-2006**

Se puede observar cómo, tanto a nivel nacional como universitaria, la línea de tendencia de los datos se ajusta a una exponencial con unos coeficientes de determinación próximos 0,99, si no se tiene en cuenta la tipología documental. Cuando la tipología documental se reduce a artículos y reviews, los valores de  $R^2$  son algo inferiores (0,96 para España y 0,97 para la Universidad).

Igualmente, los datos muestran un incremento constante a lo largo del periodo estudiando, aunque es visible el descenso en producción durante el año 2003, tanto a nivel nacional como universitario (tablas 4.2 y 4.3). Este hecho se produce, también, como se verá más adelante, con respecto a los datos de la producción científica generada por los investigadores del área de IQ.

Tabla 4.2. Variaciones en número de documentos a nivel nacional

Año	NDoc	∑ NDoc	%Doc	Diferen	% año base	% increment	% variac. anual
2000	<b>26564</b>	26564	11,53	0,00	100,00	0	0
2001	<b>27846</b>	54410	12,09	0,56	104,83	4,83	4,83
2002	<b>30061</b>	84471	13,05	0,96	113,16	8,34	7,95
2003	<b>31452</b>	115923	13,65	0,60	118,40	5,24	4,63
2004	<b>34999</b>	150922	15,19	1,54	131,75	13,35	11,28
2005	<b>37777</b>	188699	16,40	1,21	142,21	10,46	7,94
2006	<b>41662</b>	230361	18,09	1,69	156,84	14,63	10,28
	<b>230361</b>		<b>100,00</b>				

Tabla 4.3. Variaciones en número de documentos a nivel universitario

Año	NDoc	∑ NDoc	% NDoc	Diferen	% año base	% increment	% variac. anual
2000	<b>21.002</b>	21002	11,33	0,00	100,00	0	0
2001	<b>22.060</b>	43062	11,90	0,57	105,04	5,04	5,04
2002	<b>23.894</b>	66956	12,89	0,99	113,77	8,73	8,31
2003	<b>25.301</b>	92257	13,65	0,76	120,47	6,70	5,89
2004	<b>28.344</b>	120601	15,29	1,64	134,96	14,49	12,03
2005	<b>30.761</b>	151362	16,59	1,30	146,47	11,51	8,53
2006	<b>34.051</b>	185413	18,36	1,77	162,13	15,67	10,70
	<b>185.413</b>		<b>100,00</b>				

En relación a la tipología documental estudiada, a nivel nacional predominan los artículos de revista, con el 69,79% de los documentos. El tipo review apenas supera el 3 % (3,09 %). En el caso universitario, el modelo se repite; el artículo científico es el tipo de documento que más se utilizó para difundir los resultados de la investigación, en un 73,18 % de los casos (valores superiores que en el ámbito nacional), siendo solo el 3,04 % el de la tipología de review.

En cuanto al idioma<sup>236</sup> el predominio del inglés es absoluto, tanto a nivel nacional como universitario. En el caso nacional alcanza un 92,78% de los documentos. Solo el 5,92 % de los documentos fueron publicados en español. En el

<sup>236</sup> Porcentaje sobre la suma de artículos y reviews, que es la tipología documental estudiada.

ámbito universitario, los valores para el inglés, aún son superiores, con un 93,97%, no alcanzando ni siquiera la cifra del caso nacional, para el idioma español, con el 5,65%.

El 3,29% del total de la producción universitaria española (tipología documental de artículos y reviews), corresponde a la producción generada por los investigadores del área de *Ingeniería Química*. En relación a la tipología documental, sigue el mismo patrón observados para la producción tanto nacional como universitaria.

En relación con el idioma de los dos tipos de documentos estudiados, para el área de IQ, el idioma inglés predomina en el 97,16% de los casos, porcentaje superior tanto a los datos referidos para la universidad como nacional del total de España. Lo contrario ocurre con el idioma español, que solo es utilizado en el 2,65 % de los casos. Tanto en un caso como en el otro, estos valores difieren como consecuencia de que tanto a nivel nacional como universitario, los datos recuperados proceden de todas las bases de datos de *WoS* mientras que en el caso de la IQ, salvo en unos pocos artículos, los datos proceden, casi exclusivamente, de la base de datos *SCI*, donde el idioma inglés es predominante.

A lo largo del periodo estudiado a nivel nacional, la categoría temática del JCR que recoge mayor producción es: *Biochemistry & Molecular Biology*, apareciendo cada año en primer lugar, seguida de *Chemistry Physical*. En el caso de la universidad española, sigue el mismo patrón, con la excepción del bienio 2005-2006, donde aparece, en primer lugar: *Chemistry Physical*, seguida de *Biochemistry & Molecular Biology*. En el caso que nos ocupa, también *Chemistry Physical*, aparece como la segunda categoría temática en las que están encuadradas las revistas que recogen mayor producción.

En ambos casos, las categorías predominantes en las que están recogidas las revistas con mayor producción de los iq universitarios españoles, *Engineering*, *Chemical* y *Environmental Sciences* (1º y 3ª, respectivamente), ocupan puestos inferiores. A nivel nacional, a partir del puesto nº trece, en el segundo caso (con la excepción del año 2006 en que asciende al 4º puesto) y a partir del puesto veintiuno, en el primero.

A nivel universitario la categoría temática *Environmental Sciences* está también a partir del puesto trece; igualmente en 2006 asciende pero, en este caso, al 6º lugar, la categoría temática *Engineering Chemical*, ocupa posiciones parecidas que a nivel nacional.

Dentro de la categoría *Chemical Engineering*, la revista que recoge mayor producción, tanto a nivel nacional como universitaria, y ocupando el primer puesto (con la excepción de los años 2000 y 2001) es *Industrial & Engineering Chemistry Research*. En el estudio llevado a cabo también ocupa el primer lugar en cuanto a número de documentos que publica. El 82,51% del total publicado por la universidad española (343 documentos) en esta revista y en este tiempo, corresponde a los ingenieros químicos universitarios.

## 4.2 Producción científica total en IQ

### 4.2.1 Número de documentos: evolución anual

Durante el periodo 2000-2006 la producción científica del área de conocimiento de *Ingeniería Química*, recuperada del *Web of Science*, ascendió a 4.648 frente a los 168.302 documentos publicados en total en España y a los 141.328 publicados por la universidad española. Esta cifra indica que el área de IQ aporta un 3,29% del total de la producción universitaria española y un 2,76% de la producción científica del país, visible o con difusión internacional en el período de tiempo estudiado. La distribución de documentos por año, se muestra en la figura 4.2 y en la tabla 4.4.

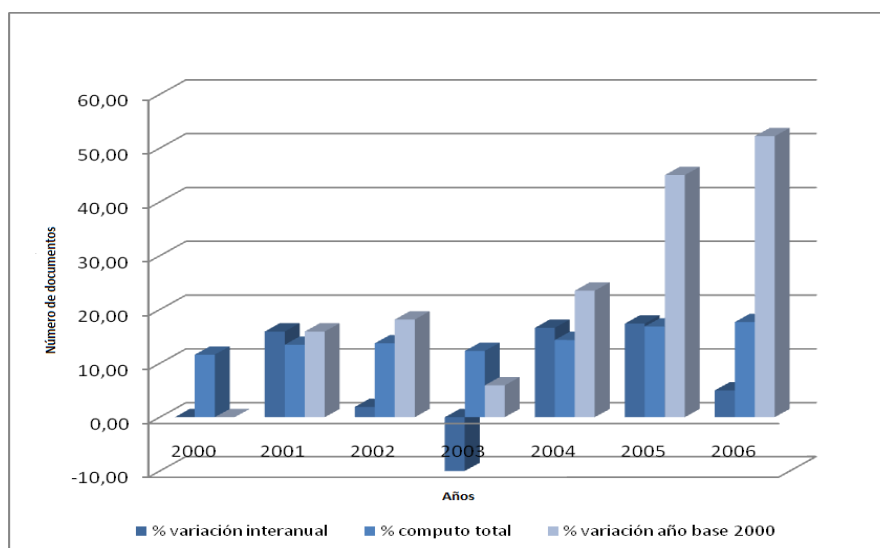


Figura 4.2. Distribución porcentual e interanual del número de documentos

Se puede observar un crecimiento paulatino, aunque muy irregular, de la producción durante el periodo estudiado, con la excepción del descenso producido en el año 2003 (572 documentos) (-10,34 %) con respecto al anterior (638 documentos).

Tabla 4.4. Distribución anual de nº de documentos

Año	NDoc	$\sum$ NDoc	% n	Diferen	% año base	% incr	% V <sub>int-an</sub>
2000	540	540	11,62	0	100,00	0	0
2001	626	1166	13,47	1,85	115,93	15,93	15,93
2002	638	1804	13,73	0,26	118,15	18,15	1,92
2003	572	2376	12,31	-1,42	105,93	5,93	-10,34
2004	667	3043	14,35	2,04	123,52	23,52	16,61
2005	783	3826	16,85	2,5	145,00	45	17,39
2006	822	4648	17,69	0,84	152,22	52,22	4,98
<b>4648</b>			<b>100</b>				

La figura 4.3, muestra las variaciones de la producción científica con respecto al año 2000, producida por los IQ, el total de la universidad y España.

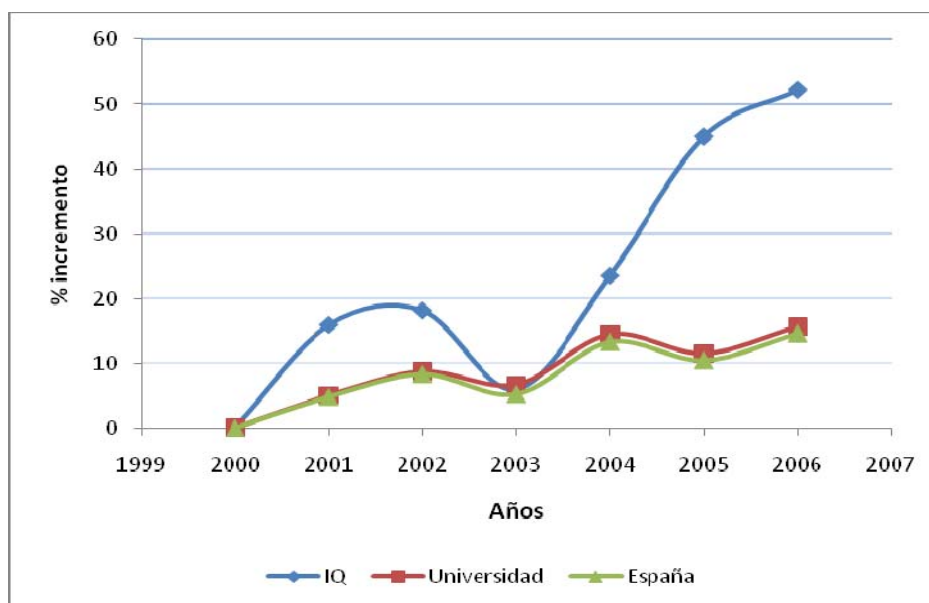


Figura 4.3 Evolución del crecimiento de la producción en relación al año 2000

Se observa que los incrementos del total de la universidad y España van parejos, presentando una distribución distinta los incrementos producidos por la IQ. Tanto a nivel universitario como nacional las oscilaciones son más suaves, presentando la IQ picos muy pronunciados, debido sobre todo al drástico descenso en su producción en el año 2003. Del mismo modo, se puede observar que tanto en los dos primeros años como en los tres últimos años el esfuerzo de la IQ en relación a la producción es mayor.



## 4.2.2 Tipología documental e idioma de publicación

Dado que la tipología documental del estudio se reduce únicamente a los artículos y reviews<sup>237</sup>, la variación en cuanto a su distribución y número de documentos es grande, siendo el artículo científico el tipo de documento más utilizado. Del recuento total de documentos, el 98,50 % corresponde a artículos publicados en revistas científicas (4.578) y únicamente el 1,51 % (70) son del tipo review (fig. 4.4).

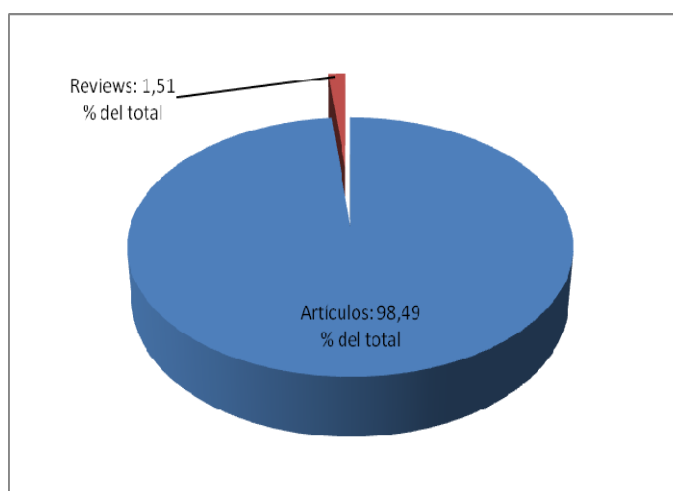


Figura 4.4 Distribución de la tipología documental

En cuanto al idioma en el que se publicaron los documentos, el idioma predominante es el inglés que alcanza el 97,16% de la producción frente a un 2,65% de documentos escritos en español y un valor residual del 0,19% que recoge otros tipos de idiomas (francés, alemán, rumano). Este hecho es debido a la internacionalización del inglés como idioma preferente en la comunicación de la ciencia y la preferencia de las bases de datos, como *WoS*, por recoger registros de documentos publicados en lengua inglesa (tabla 4.5).

La tabla 4.5 muestra el descenso del uso del idioma español a lo largo del periodo estudiado, pasando de 26 documentos al principio del periodo (4,81 %) a 10 documentos en el año 2006 (1,22 %). Este hecho implica que incluso publicaciones españolas, publican los trabajos en inglés. De los 164 registros publicados en revistas hispanas, 123 trabajos son publicados en español (3 reviews y 120 artículos).

<sup>237</sup> Moed, H.F.; van Leeuwen, T.N. (1995). Improving the accuracy of Institute for Scientific Information's Journal Impact Factors. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 46, pp. 461-467.

Tabla 4.5. Idioma en el que se publicaron los documentos

Año	inglés	español	otros		% ingl	% españ	% otros
2000	514	26	0	540	95,19	4,81	0,00
2001	602	23	1	626	96,17	3,67	0,16
2002	612	21	5	638	95,92	3,29	0,78
2003	560	11	1	572	97,90	1,92	0,17
2004	653	13	1	667	97,90	1,95	0,15
2005	764	19	0	783	97,57	2,43	0,00
2006	811	10	1	822	98,66	1,22	0,12
	<b>4516</b>	<b>123</b>	<b>9</b>	<b>4648</b>			

### 4.2.3 Evolución de la citación

El análisis de citas, como reconocimiento de los autores a otros trabajos publicados con anterioridad, es importante, en cuanto a que detecta autores, trabajos y/o revistas con mayor impacto en la comunidad científica y, a su vez, es un instrumento eficaz, tanto para estudiar el consumo de la información a través de las revistas en las que se publican los resultados científicos, como para la planificación de recursos por parte de unidades de información.

También resulta ser una potente herramienta para la evaluación científica (bien de autores, de instituciones, de regiones, etc.).

Aquí se analiza la evolución del consumo de la información por parte de la comunidad científica de los documentos sobre IQ, recuperados en las bases de datos de *WoS*, para el periodo analizado, en dos momentos diferentes.

Los datos de la producción científica son datos estáticos (número de documentos por año), recogidos en una fecha posterior a su publicación. Por el contrario, la cita es un dato dinámico que evoluciona a lo largo del tiempo hasta que, llegado un momento, ya no son citados, perdiendo valor o interés. Así, documentos muy citados en un año pueden ser no citados en otros y al contrario. Esto suele ocurrir con el transcurso del tiempo.

Por ese motivo la recopilación de las citas que reciben los iq, a través de los documentos que publican, se hace en dos momentos determinados. El primero de ellos, tras la recolección de los datos, a principios del año 2008, reuniendo las citas

recibidas desde la fecha de publicación del artículo hasta el año 2007. El segundo recuento de citas se realizó a principios de 2011, sumando todas las citas recibidas por el conjunto de documentos, desde el momento de su recuperación hasta el año 2010. Esta labor se realizó con la ayuda del gestor de bibliografía *EndNote*.

Para el primer período de tiempo (realizado en 2008), el conjunto de documentos analizados (4.648 documentos) recibió un total de 29.789 citas. Del total de documentos, 753 (16,20 %) no recibieron cita alguna en ese momento. El porcentaje de documentos citados fue del 83,80% (3.895 recibieron una cita, como mínimo). La media de citas/documento fue de 6,41.

*Otros datos:*

- ✓ Cinco documentos obtienen más de 100 citas cada uno, suponiendo un total de 679 citas (135,8 citas/doc.). Correspondiendo a los siguientes años: año 2000 (2 docs.), 2001 (2 docs.) y 2004 (1 docs.).
- ✓ 28 documentos obtienen entre 50 y 100 citas, correspondiéndoles un total de 1.788 citas, siendo el promedio de 63,86 citas por documento. Los documentos están publicados durante el periodo 2000-2004.
- ✓ 78 documentos obtienen entre 30 y 49 citas, acaparando un total de 2.928 citas y un promedio de 37,54 citas por documento. Los documentos están publicados en el periodo 2000-2004 y uno publicado en 2006.
- ✓ 180 documentos obtienen entre 20 y 29 citas, recibiendo el conjunto un total de 4.222 citas, siendo el promedio de citas por documento de 23,46. Los documentos están publicados en el periodo 2000-2004 y uno publicado en 2005.
- ✓ 685 documentos obtienen entre 10 y 19 citas, acaparando un total de 9.059 citas y un promedio de 13,23 citas por documento.
- ✓ 2.919 documentos obtienen entre 1 y 9 citas, obteniendo en total 11.113 citas y un promedio de 3,81 citas por documento.
- ✓ 605 documentos reciben una única cita.

El *h-index* (*Índice h*), del conjunto de documentos estudiado, fue de 44: existen 44 documentos que reciben 44 citas o más.

La tabla 4.6 y figura 4.5 muestran la evolución del porcentaje de citas recibidas en relación al correspondiente de documentos.

Tabla 4.6 Relación % documentos y % citas'08

Año	NDoc	% NDoc	NCitas	% citas
2000	540	11,62	6144	20,63
2001	626	13,47	5854	19,65
2002	638	13,73	5103	17,13
2003	572	12,31	4041	13,57
2004	667	14,35	4310	14,47
2005	783	16,85	2905	9,75
2006	822	17,69	1432	4,81
	4648	100,00	29789	100,00

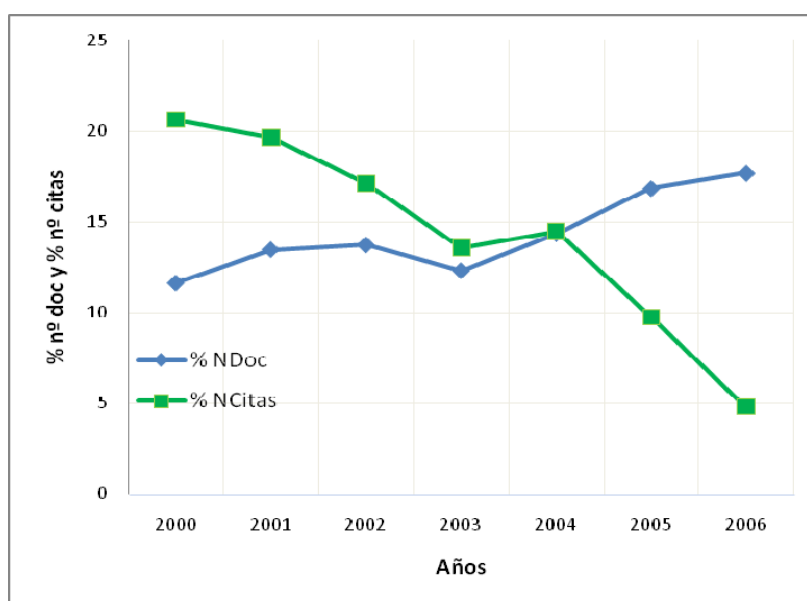


Figura 4.5. Relación % entre documentos y citas'08

En ambos casos se muestra como, a lo largo del periodo de estudio, decrece de forma paulatina (recta decreciente en figura), el número de citas recibidas (comportamiento que es obvio), con una pequeña desviación positiva del año 2004 (14,47%), respecto al año anterior (13,57%), llegando a cruzarse las líneas de tendencias en los datos correspondientes al año 2003 y obteniéndose valores similares en los porcentajes correspondientes al año 2004 (14,35% de documentos y 14,47% de citas).

La tabla 4.7 muestra la evolución del número de documentos citados y no citados a lo largo del periodo de estudio. Destaca el número de documentos publicados en el año 2006, que recogen citas (527 documentos citados frente a 295 no citados), aunque el promedio de citas sea bajo (1,74%), lo que significa que la

literatura publicada es usada rápidamente (recogida de citas a principios del 2008 a artículos publicados en 2006).

**Tabla 4.7 Evolución anual de citas'08: documentos citados vs. No citados**

Año	NDoc	Citas	Promedio cita	Citados	NoCitados	% NoCit
2000	540	6144	11,38	492	48	9,76
2001	626	5854	9,35	561	65	11,59
2002	638	5103	8,00	557	81	14,54
2003	572	4041	7,06	515	57	11,07
2004	667	4310	6,46	596	71	11,91
2005	783	2905	3,71	647	136	21,02
2006	822	1432	1,74	527	295	55,98
	4648	29789	<b>6,41</b>	3895	753	19,33

En la evolución del número de citas recibidas por los documentos publicados en el idioma español, se constata la escasa citación obtenida por estos documentos. Así, de 123 documentos publicados en español, el 42,28 % son citados en alguna ocasión (52 documentos: 50 artículos y 2 reviews). El total de citas recibidas por estos documentos es de 123, lo que supone un promedio de una cita por documento, frente a 6,41 citas de media de la producción total de los IQ para este periodo.

En el segundo control de citas (a principios de 2011), el conjunto de documentos analizados (citas recibidas por los 4.648 docs., desde el momento de la recuperación hasta finales de 2010), recibió un total de 65.192 citas, lo que supone una diferencia, con respecto al primer período, de 35.404 citas.

El número de documentos que en esta fecha no han recibido cita desciende a tan solo 272. Así, el porcentaje de documentos citados es del 94,15% (4.376 documentos reciben como mínimo una cita) y el correspondiente a documentos no citados es del 5,85%.

La media de citas que reciben los documentos del estudio es de 14,03.

**Otros datos:**

- ✓ 31 documentos obtienen más de 100 citas cada uno, suponiendo un total de 5.301 citas (171 citas/ doc.), correspondiendo a los años 2000 (7 docs.), 2001 (3 docs.), 2002 (8 docs.), 2003 (2 docs.), 2004 (6 docs.), 2005 (1 docs.) y 2006 (4 docs.).

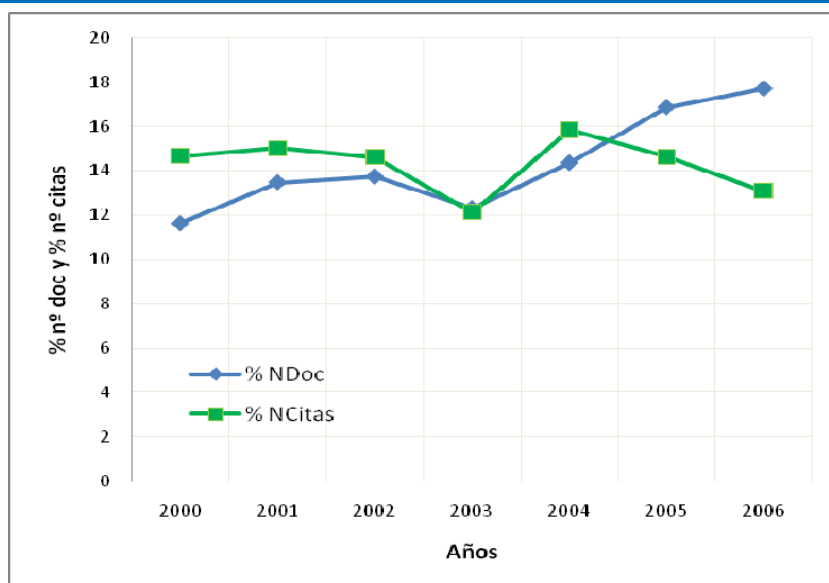
- ✓ 142 documentos obtienen entre 50 y 100 citas, correspondiéndoles un total de 9.307 citas, siendo el promedio de 65,54 citas por documento. Los documentos están publicados durante todo el periodo.
- ✓ 316 documentos obtienen entre 30 y 49 citas, acaparando un total de 11.676 citas y un promedio de 36,95 citas por documento. Los documentos están publicados durante todo el periodo.
- ✓ 499 documentos obtienen entre 20 y 29 citas, recibiendo el conjunto un total de 11.967 citas, siendo el promedio de citas por documento de 23,98. Los documentos están publicados durante todo el periodo.
- ✓ 1.220 documentos obtienen entre 10 y 19 citas, acaparando un total de 16.810 citas y un promedio de 13,78 citas por documento. Los documentos están publicados durante todo el periodo.
- ✓ 2.168 documentos obtienen entre 1 y 9 citas, obteniendo en total 10.131 citas y un promedio de 4,67 citas por documento.
- ✓ 282 documentos reciben una única cita.

El *h-index*, correspondiente al conjunto de documentos en este segundo período de recogida de citas, pasa de 44 en el primer período a 70 en este segundo: existen 70 documentos que reciben 70 citas o más.

La tabla 4.8 y figura 4.6 muestran la evolución del porcentaje de citas anuales recibidas, en relación al número correspondiente de documentos.

**Tabla 4.8. Relación % documentos y % citas'11**

Año	NDoc	% NDoc	NCitas	% citas
2000	540	11,62	9563	14,669
2001	626	13,47	9787	15,013
2002	638	13,73	9528	14,615
2003	572	12,31	7908	12,130
2004	667	14,35	10335	15,853
2005	783	16,85	9535	14,626
2006	822	17,69	8536	13,094
	<b>4648</b>	100,00	<b>65192</b>	100



**Figura 4.6. Relación % entre documentos y citas'11**

En este período, el porcentaje de citas por años, muestra mayor irregularidad respecto al primer período, con subidas y bajadas del número de citas recibidas.

La tabla 4.9 muestra la evolución del número de documentos citados y no citados a lo largo del periodo de estudio. Se observa, con respecto a la toma de datos anterior, cómo desciende el número de documentos no citados (2008=19,33%; 2011=6,22%). Del mismo modo destaca cómo los documentos del año 2000 siguen citándose después de 10 años (2008=9,76%; 2011=6,72%).

**Tabla 4.9. Evolución anual de citas'11: documentos citados vs. No citados**

año	NDoc	Citas	Promedio cita	Citados	NoCitados	%DocNCit
2000	540	9563	17,71	506	34	6,72
2001	626	9787	15,63	581	45	7,75
2002	638	9528	14,93	584	54	9,25
2003	572	7908	13,83	547	25	4,57
2004	667	10335	15,49	635	32	5,04
2005	783	9535	12,18	745	38	5,10
2006	822	8536	10,38	778	44	5,66
<b>Totales</b>	<b>4648</b>	<b>65192</b>	<b>6,41</b>	<b>4376</b>	<b>272</b>	<b>6,22</b>

La tabla siguiente (tab. 4.10) muestra las diferencias en el comportamiento de las citas para los dos períodos de tiempo estudiados (2008 y 2011).

**Tabla 4.10. Comparación del número de citas recibidas por el conjunto de documentos en los dos períodos analizados**

año	NDoc	% NDoc	Citas 2008	Citas 2011	Diferencia	% citas'08	% citas'11	Δ, %	cit/doc 2008	cit/doc'11
2000	540	11,62	6144	9563	3419	20,63	14,67	55,65	11,38	17,71
2001	626	13,47	5854	9787	3934	19,65	15,01	67,20	9,35	15,63
2002	638	13,73	5103	9528	4425	17,13	14,62	86,71	8,00	14,93
2003	572	12,31	4041	7908	3867	13,57	12,13	95,69	7,06	13,83
2004	667	14,35	4310	10335	6025	14,47	15,85	139,79	6,46	15,49
2005	783	16,85	2905	9535	6630	9,75	14,63	228,23	3,71	12,18
2006	822	17,69	1432	8536	7104	4,81	13,09	496,09	1,74	10,38
<b>Totales</b>	<b>4648</b>	<b>100,00</b>	<b>29789</b>	<b>65192</b>	<b>35404</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>118,85</b>	<b>6,41</b>	<b>14,03</b>

La tabla 4.11 muestra un resumen de los dos períodos estudiados, respecto a las citas recibidas por el conjunto de documentos en 2008 y 2011. Por un lado muestra el número de documentos, número de documentos citados, no citados, número de citas y citas por documento, para cada período de tiempo analizado. Se observa cómo van disminuyendo los valores de Cit/Doc según se acerca a la fecha de recuento de citas (2008 y 2011), siendo más suave la tendencia descendente para el segundo período.

Las dos últimas filas relacionan el número de citas dividido por el número de años que han recibido citas.

**Tabla 4.11. Resumen de datos de citas**

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Ndoc</b>	540	626	638	572	667	783	822
<b>DocCit'08</b>	492	561	557	515	596	647	527
<b>DocNCit'08</b>	48	65	81	57	71	136	295
<b>citas 2008</b>	6144	5854	5103	4041	4310	2905	1432
<b>Cit/Doc'08</b>	11,38	9,35	8,00	7,06	6,46	3,71	1,74
<b>citas 2011</b>	9563	9787	9528	7908	10335	9535	8536
<b>DocCit'11</b>	506	581	584	547	635	745	778
<b>DocNCit'11</b>	34	45	54	25	32	38	44
<b>Cit/Doc'11</b>	17,71	15,63	14,93	13,83	15,49	12,18	10,38
<b>Cit'08/Año</b>	<i>877,71</i>	<i>975,67</i>	<i>1020,6</i>	<i>1010,25</i>	<i>1436,67</i>	<i>1452,5</i>	<i>1432</i>
<b>Cit'11/Año</b>	<i>956,3</i>	<i>1087,44</i>	<i>1191,0</i>	<i>1129,71</i>	<i>1722,50</i>	<i>1907,0</i>	<i>2134</i>



Así si se recogen las citas emitidas hasta 2007 (toma de datos inicios de 2008) a los documentos publicados en 2000, la media de citas por año sería el valor correspondiente al número de citas recibidas por los documentos del año 2000 dividido por 7 años que han estado los documentos para recibir citas.

En el caso, por ejemplo del año 2003 sería el número de citas que han recibido los documentos de ese año dividido por el número de años transcurridos hasta 2007 (4 años), y así sucesivamente.

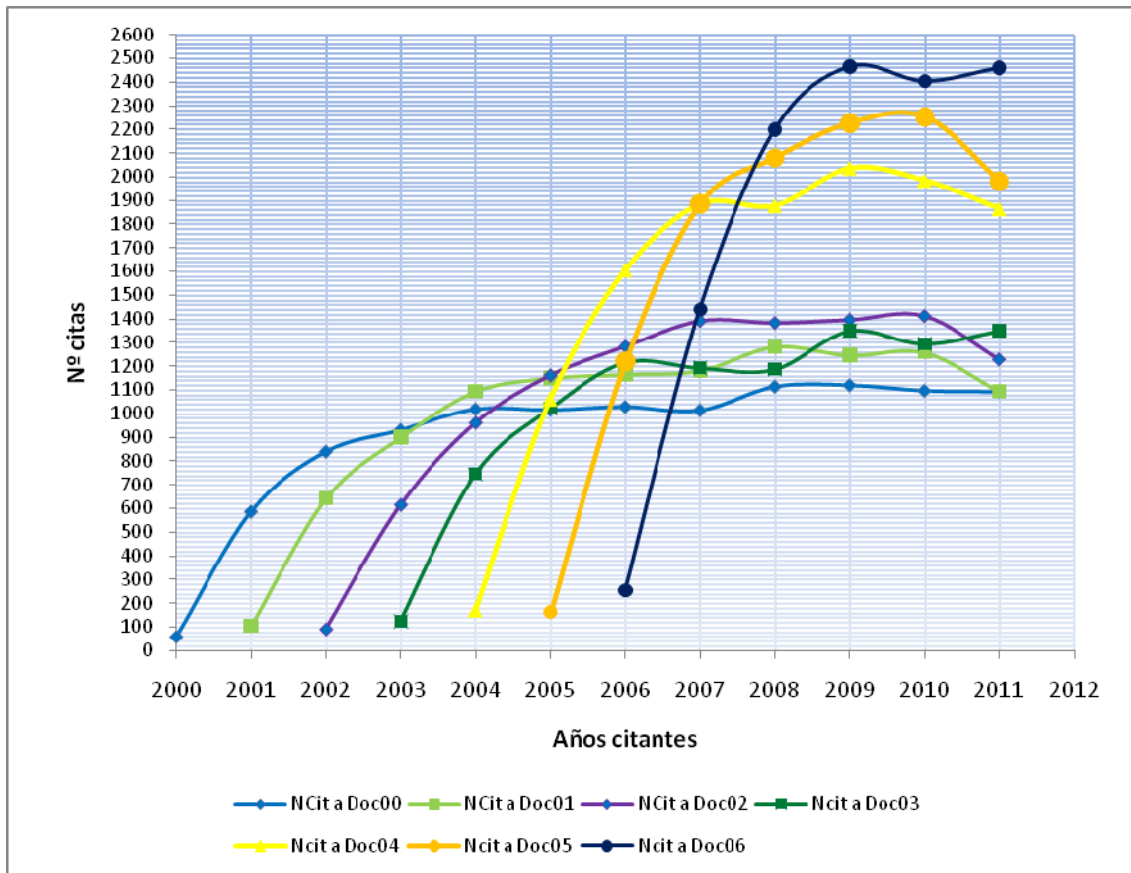
Los datos para las citas emitidas hasta el 2010 (recogida de datos inicio de 2011) a los documentos publicados en 2000, la media de citas por año sería el valor correspondiente al número de citas recibidas por los documentos del año 2000 dividido por 10, que sería el número años transcurridos desde que se publicaron hasta que se recogen las citas que han recibido (año 2011).

Frente a dos imágenes estáticas del número de citas recibidas por los documentos, vistas desde dos momentos concretos, la tabla 4.12 y figura 4.7 reflejan una imagen de la evolución<sup>238</sup> del comportamiento de la citación a los distintos documentos a lo largo de los años (2000-2011).

**Tabla 4.12. Evolución de la citación durante el periodo 2000-2011**

		A documentos del año $t$							
Citas dadas en el año $t$	Años	Doc 2000	Doc 2001	Doc 2002	Doc 2003	Doc 2004	Doc 2005	Doc 2006	
	2000	58							
	2001	585	105						
	2002	838	644	93					
	2003	929	901	617	125				
	2004	1017	1095	963	745	172			
	2005	1014	1151	1163	1022	1062	163		
	2006	1027	1166	1285	1216	1605	1221	253	
	2007	1012	1182	1393	1193	1884	1886	1442	
	2008	1112	1283	1385	1187	1877	2080	2199	
	2009	1118	1247	1398	1350	2036	2226	2465	
	2010	1095	1259	1414	1295	1984	2252	2404	
2011	1091	1095	1230	1350	1864	1981	2460		
<b>Totales</b>		10896	11128	10941	9483	12484	11809	11223	

<sup>238</sup> Toma de datos: enero 2012.



**Figura 4.7. Evolución de la citación durante el periodo 2000-2011**

En la gráfica se puede observar dos tendencias claras y distintas relacionadas con el comportamiento de la citación a los documentos de estudio a lo largo de estos diez años.

En el primer grupo, encontramos los documentos producidos en los cuatro primeros años estudiados (2000-2003), en los que la citación tiene un comportamiento similar a todos ellos: un crecimiento paulatino del número de citas recibidas hasta el año 2007, permaneciendo constante desde este momento y con pequeñas oscilaciones hasta el año 2011.

Como ejemplo ponemos el comportamiento en la citación hacia los documentos producidos en el año 2002 (línea color morado en el gráfico). Estos documentos en el año 2002 reciben un total de 93 citas ese mismo año. En el año 2003 son citados en 617 ocasiones; 963 son las citas recibidas en 2004; en 2005 son citados 1163 veces;

en 2006 1285 y en 2007 son citados en 1393 ocasiones. En los tres años posteriores el número de citas obtenidas es muy similar a 2007, originándose un descenso en 2011.

En el segundo grupo, encontramos los documentos producidos en los tres últimos años estudiados (2004-2006), en los que la citación se dispara en relación al grupo analizado anteriormente.

El comportamiento es similar en cuanto a su crecimiento, destacando la fuerte citación a los documentos del año 2006 que alcanza el máximo de citas al cuarto año de ser publicados.

Se observa un comportamiento parecido en la citación a los documentos producidos en los años 2004 y 2006: un fuerte crecimiento durante los tres primeros años; decae en el cuarto y vuelve a crecer en el caso de los documentos de 2004. En 2011 los documentos de 2006 están aún en la fase de decrecimiento de citas, sin atrevernos a aventurar el mismo comportamiento de las citas a los documentos del año 2004, que un año después del máximo obtenido, decrece.

El crecimiento del número de citas dadas a los documentos publicados en 2005 también es similar, en el brusco cambio de modelo de citación, a los documentos del 2004 y 2006. En este caso el crecimiento es continuo hasta el año 2010, donde recibe el máximo de citas (5 años), para descender al año siguiente.

El cambio brusco, relacionado con el número de citas, podría deberse a diferentes factores: al cambio en la citación por parte de la comunidad científica de esta área; a la rapidez de acceso a los documentos publicados (accesibilidad de las bases de datos referenciales con acceso a los documentos); al cambio de políticas universitarias, relativas a la suscripción de las revistas – del papel a la red –; al fomento del uso de las publicaciones en red; a la mayor calidad de los documentos publicados; ...); O, lo más probable, a la ampliación de *WoS* incorporando los *Proceedings*, que han incrementado el número de citas registradas por *WoS*.

## 4.2.4 Referencias bibliográficas en los documentos de 2006<sup>239</sup>

Dentro de los cuatro tipos de indicadores propuestos por López-Piñero y Terrada<sup>240</sup> se hallan los indicadores de consumo, que se refieren al análisis de las referencias bibliográficas contenidas en los artículos publicados en revistas científicas. Estos informan tanto de la obsolescencia como del aislamiento de la producción científica.

Así tenemos que,

1. *La vida media de las referencias* es el número de años transcurridos para que la utilidad de una bibliografía se reduzca al 50%<sup>241</sup>
2. *Índice de Price*<sup>242</sup>: porcentaje de referencias bibliográficas, respecto al total, con una antigüedad menor a 5 años. Este indicador nos va a comparar el grado de actualidad de la bibliografía utilizada.

De ambos indicadores se deduce que aquellas revistas que publican artículos referidos a campos muy dinámicos suelen tener una vida media baja y un índice de Price alto.

El cómputo total de citas que los autores de los documentos de la presente memoria de tesis dan a sus colegas, según el listado de referencias de los artículos, fue de 126.823. El promedio de referencias por documento es 27,29.

Los valores extremos están comprendidos entre los 12 artículos que no contenían referencias y los 38 documentos con más de 100 (todos ellos reviews). La proporción de citas recibidas y documentos citados (referencias) es de 4,26 referencias por cada cita recibida en el caso del primer período de tiempo analizado (2008) y 1,95 referencias por cita recibida en la segunda toma de datos (2011).

---

<sup>239</sup> Shama, (2000), *op. cit.*

<sup>240</sup> López Piñero, (1992). *op. cit.*

<sup>241</sup> Burton, R.E.; Kebler, R.W. (1960). The "half-life" of Some Scientific and Technical Literatures", *American Documentation*, vol.11, pp. 18-22.

<sup>242</sup> Price, D. J. de Solla (1970). *Citation measures of hard science, soft science, technology, and non-science*. En: C. Nelson and D.K (Eds.), *Communication among scientist and engineers*.

Tanto el *Índice de Price* como la *vida media* estimada, se obtienen a partir de las citas dadas (referencias) en los documentos publicados en el año 2006 (punto de referencia para contar de forma síncrona la obsolescencia) a los autores utilizados en el texto.

En los documentos publicados por los IQ universitarios españoles, indizados y recuperados en las bases de datos *WoK* para el año 2006, se recogen un total de 22.969 referencias, correspondientes a documentos publicados en el año 2006.

En el Anexo I se relaciona la distribución de referencias por año.

En la primera columna del Anexo I se muestran los años de publicación de los documentos referenciados en la segunda columna el número de referencias con fecha del año correspondiente; en la tercera el acumulado de la segunda; en la cuarta se muestra el porcentaje respecto al total; y en la quinta columna el acumulado del porcentaje a lo largo de todos los años.

En el mencionado anexo se observa cómo en el año 2006 (edad  $t = 0$ ), se referencian 358 documentos, publicados ese mismo año. El 2004, segundo año de estudio ( $t = 2$ ), recoge un 15,75% acumulado del total de las referencias estudiadas. El tercer año (2003), acumula casi  $\frac{1}{4}$  del total (24,15%). El año  $t = 7$  (1999) acumula más del 50% de las referencias (52,98%). Y, el año 13<sup>o</sup> (1993), acumula más de los  $\frac{3}{4}$  del total de referencias (76,67%).

Existen 284 referencias con una edad igual o superior a 50 años, suponiendo el 1,24%, y 26 referencias que tienen entre 75 y 100 años de antigüedad (0,17%). Otras 8 referencias, fueron publicadas hace más de 100 años. Las referencias más antiguas datan de 1883.

El número de referencias, según su edad, se muestran en la figura 4.8. Se observa una fuerte concentración de referencias en los primeros 10-15 años, agrupando el 81,12 % del total de la literatura citada. Con una antigüedad de 7 años se alcanzan más del 50 % de referencias.

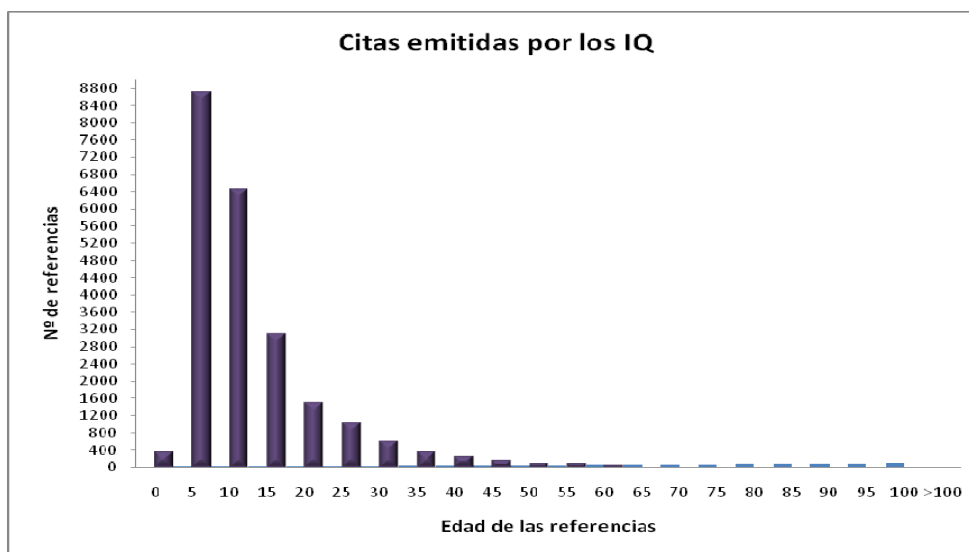


Figura 4.8. Número de referencias según la edad de éstas

#### a) Índice de Price

Considerando el año 2006 como edad  $t = 0$ , se observa, en la última columna del Anexo I, que con una antigüedad de cinco años (2001), el % de referencias acumuladas alcanza el 39,49% del total de las referencias. Ese es el valor del *Índice de Price*, para esta bibliografía.

#### b) Obsolescencia medida a partir de la “Vida media”, $h$ .

La tabla 4.13 muestra la distribución de las referencias de los 10 primeros años (2006 a 1997).

La primera columna contiene los años de las referencias, la segunda la edad de las referencias (en años), la tercera el número de referencias de ese año y edad, en la cuarta columna se muestra el acumulado de las referencias (en orden inverso, donde el dato de la primera fila de esta columna se corresponde con el total de referencias). La última columna muestra la utilidad residual,  $U(t)^{243}$ ; % de referencias que van quedando a medida que va pasando el tiempo (cociente entre el número de referencias acumuladas para una edad determinada y el total de referencias obtenidas).

<sup>243</sup> Brookes, B.C. (1970). The growth, utility, and obsolescence of scientific periodical literature, *Journal of Documentation*, vol. 26(4), pp. 283-294.

**Tabla 4.13. Distribución de referencias respecto al año 2006 como edad cero ( $t = 0$ )**

Años	Edad, t	n° ref	ref acuml	Utilidad U(t)
2006	0	358	22969	1
2005	1	1338	22611	0,98441378
2004	2	1922	21273	0,92616135
2003	3	1928	19351	0,84248335
2002	4	1827	17423	0,75854412
2001	5	1697	15596	0,67900213
2000	6	1628	13899	0,60511994
1999	7	1472	12271	0,53424181
1998	8	1222	10799	0,47015543
1997	9	1162	9577	0,41695328

A partir de los datos de la tabla 4.13 se calcula el valor de la vida media ( $h$ ). Se observa que, en la columna de la utilidad, el número de años que transcurren hasta que la utilidad se reduce a la mitad (50 %), está comprendido entre 7 y 8 años (entre los años 1999 y 1998). Interpolando se obtiene una vida media,  $h = 7,53$  años.

A partir de la ecuación propuesta por Brookes, para el cálculo de la obsolescencia ( $a^h = 0,5$ ), el factor de envejecimiento anual obtenido es del 91 %, o una pérdida de actualidad de la literatura (referencias) del 9 %.

$$a = e^{\left(\frac{\ln 0,5}{7,53}\right)} = e^{(-0,092)} = 0,91 = 91\%$$

### c) Fuentes

En los 822 documentos publicados por los IQ universitarios españoles en el año 2006 se obtuvieron 22.969 referencias<sup>244</sup>, distribuidas en 4.084 fuentes distintas. Un tercio de esas referencias están publicadas en tan solo 35 fuentes.

El 25% están publicadas en 22 revistas distintas y el 50% de la literatura está publicada en 90.

<sup>244</sup> De estas 22.969 referencias, 590 están mal referenciadas. No es reconocible la fuente donde se publicó, o no se pudo identificar el tipo de fuente de que se trataba: acta congreso, informe, monografía, manuales, etc.

En el Anexo II se muestra la distribución de los primeros 50 títulos que contienen un total de 8.825 documentos, representando el 39,43% del total.

La tabla 4.14 contiene la distribución de las fuentes correspondientes a las referencias de 2006, según la categoría temática del *JCR*.

**Tabla 4.14. Distribución de las revistas por Categorías del JCR**

<b>Categoría del JCR</b>	<b>nº revistas</b>	<b>NDoc.</b>	<b>% total</b>
Engineering, Chemical	18	3722	16,63
Chemistry, Physical	10	1704	7,61
Biotechnology & Applied Microbiology	9	1419	6,34
Environmental Sciences	6	1397	6,24
Polymer Science	6	1131	5,05
Engineering, Environmental	5	1263	5,64
Chemistry, Analytical	4	387	1,73
Water Resources	3	842	3,76
Chemistry, Multidisciplinary	3	652	2,91
Chemistry, Applied	3	564	2,52
Food Science & Technology	3	425	1,90
Energy & Fuels	2	347	1,55
Materials Science, Multidisciplinary	2	212	0,95
Electrochemistry	2	176	0,79
Agricultural Engineering	1	221	0,99
Agriculture, Multidisciplinary	1	205	0,92
Biochemistry & Molecular Biology	1	148	0,66
Microbiology	1	147	0,66
Biochemical Research Methods	1	109	0,49
Thermodynamics	1	105	0,47
Multidisciplinary Sciences	1	103	0,46
Engineering, Civil	1	97	0,43
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	1	90	0,40
Computer Science, Interdisciplinary Applications	1	89	0,40
Metallurgy & Metallurgical Engineering	1	89	0,40
	<b>87</b>	<b>15644</b>	



## 4.2.5 Autoría

### 4.2.5.1 Productividad de los autores<sup>245</sup>

El conjunto de los documentos (4.648) que constituyen el material de estudio, han sido firmados por un total de 5.239 autores, resultando un número de documentos aparentes igual a 19.659 (sumatorio del producto del n° de documentos por el del número de autores de cada nivel de autoría).

Tras el análisis, normalización e identificación de los 5.239 autores, 1.239 de ellos fueron identificados como miembros del área de IQ.

El Anexo III y la figura 4.9 muestran la distribución de la productividad de los autores, en orden decreciente de productividad.

Indicaciones:

- $x$ : número de documentos producidos por un determinado número de autores
- $y$ : número de autores que producen  $x$  documentos
- $x \cdot y$ : producto del número de trabajos,  $x$ , por el número de autores con  $x$  trabajos, cuyo sumatorio,  $\sum(x \cdot y)$ , proporciona la productividad aparente
- $\%y$ : porcentaje de cada categoría de la autoría respecto al total de autores
- $\sum(\%y)$ : acumulado de la columna anterior
- $\% doc$ : porcentaje sobre el total de documentos aparentes
- $\sum(\% doc)$ : acumulado del porcentaje de documentos
- $\log x$ : nivel de productividad de un autor/es con  $x$  número de documentos publicados

Los valores extremos de la serie están comprendidos entre un autor que publica 102 trabajos y un conjunto de 2.712 autores que contribuyen con un solo trabajo.

---

<sup>245</sup> Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, vol. 16(2), pp. 317-323.

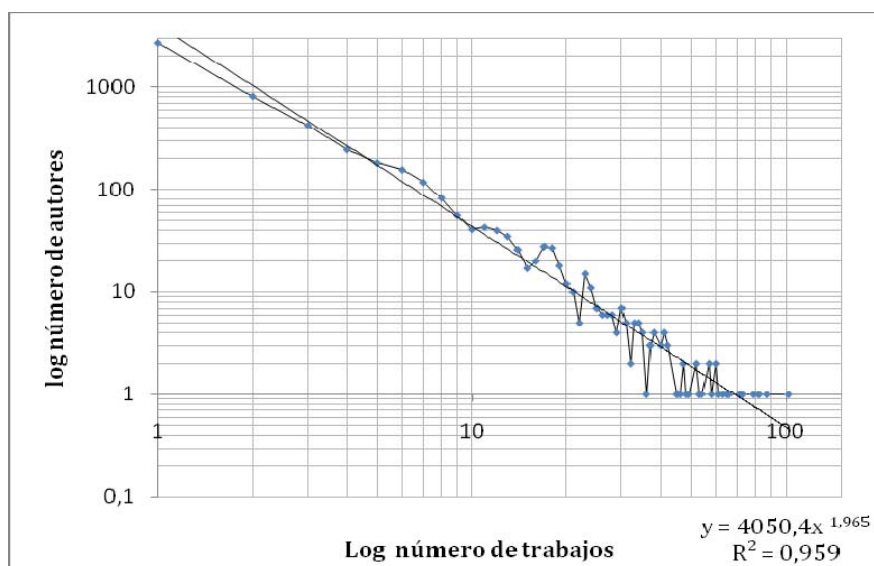


Figura 4.9. Distribución de la productividad de los autores (escala log-log)

Si la distribución mostrada en el Anexo III se divide según los niveles de productividad de los autores,  $NP^{246}$ , estos se distribuyen en los tres niveles siguientes:

- $NP = 0$ : *pequeños productores*: aquellos que sólo han firmado un trabajo
- $0 < NP < 1$ : *medianos productores*: aquellos cuya producción está comprendida entre 2 y 9 trabajos
- $NP \geq 1$ : *grandes productores*: los autores que firman 10 o más trabajos:

$NP$  es el logaritmo decimal de número de documentos publicados y  $N$  el número de trabajos.

Los resultados, respecto al nivel de productividad de los autores se muestran en la tabla 4.15 y en la figura 4.10.

Tabla 4.15. Niveles de productividad de los autores

	Autores 1 doc NP=0 Pequeños productores	Autores 2-9 doc 0<NP<1 Medianos productores	Autores ≥10 doc NP ≥1 Grandes productores	Total
NºAUTORES	2712	2078	449	5239
% AUTORES	51,77	39,66	8,57	100
NºTRABAJO	2712	7721	9226	19659
% TRABAJO	13,80	39,27	46,93	100

<sup>246</sup> López Piñero, (1992), *op. cit.*

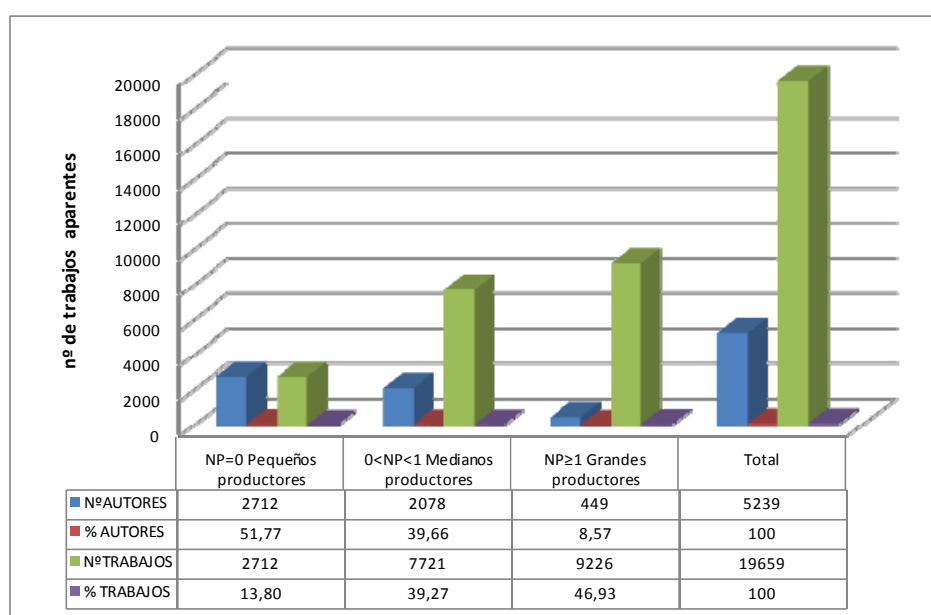


Figura 4.10. Distribución de distintos niveles de productividad de los autores

Se observa que:

- más de la mitad de los autores (el 51,77%) han producido únicamente un documento, lo que supone el 13,80% de la producción, con un nivel de productividad igual a 0 (NP=0)
- cerca del 40% de los autores (39,66%) han contribuido con un número de trabajos entre 2 y 9 documentos, participado en la elaboración del 39% de los documentos y cuyo nivel de productividad está comprendido entre 0 y menos de 1 (0<NP<1)
- un pequeño grupo de autores (8,57%) participa en la elaboración de cerca del 50% de la producción de los trabajos (46,93%), siendo estos autores considerados los grandes productores con un nivel de productividad igual o superior a 1 (NP≥1).

Según esta distribución, un autor que contribuye con 10 trabajos o más estaría encuadrado en la categoría de *grandes productores*. Teniendo en cuenta que el estudio abarca un periodo de tiempo de siete años, un autor que publica 10 documentos en el periodo de tiempo estudiado, contribuiría con 10/7 documentos años (1,43), como mínimo.

Si se tiene en cuenta que Price<sup>247</sup> consideraba como *élite* o *autores eminentes* a los resultantes de la raíz cuadrada del número de autores (en este caso 72), se pueden distribuir a los autores en tres nuevos bloques

- el grupo de autores encuadrados como *grandes productores* quedaría formado por 72 autores (1,37%) con un nivel de productividad superior o igual a 1,48 contribuyendo cada autor con 30 o más documentos.
- el grupo de medianos productores aumentaría a 2.455 (47 %) autores, con un nivel de productividad de entre  $0 < NP < 1,48$  contribuyendo cada uno de ellos con un número de documentos de entre 2 y 29.
- el grupo de pequeños productores quedaría igual al mostrado en la tabla anterior, con un nivel de productividad igual a 0.

En relación con los grandes productores hay que destacar que los 20 autores con mayor producción, participan con promedios de 66,2 trabajos por autor y 9 trabajos por año, todos ellos con una producción superior a 50 trabajos, hallándose en este grupo dos investigadores de la UEx con 71 y 57 documentos respectivamente.

En el Anexo IV, se muestran las universidades de origen de los autores más productivos. El ranking de producción lo encabezan dos autores pertenecientes a la Universidad Politécnica de Cataluña (102 documentos; 0,52 % de la producción y 14,57 documentos por año, el primero, y 87 documentos (0,44 %) y 12,43 documentos por año, el segundo); en tercer lugar se encuentra un autor del departamento de Química Aplicada del País Vasco (82 documentos; 0,42% de la producción y 11,29 documentos por año de media), en cuarto y quinto lugar se hallan dos autores de la Comunidad Gallega: uno de la Universidad de Vigo con 79 documentos (0,40%) con una media de 11,29 documentos por año y el segundo de la Universidad de Santiago de Compostela con 73 documentos en su haber (0,37%) y de media 10,43 documentos. En sexto lugar otro autor de la Universidad del País Vasco, en este caso del Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, con una producción de 72 documentos (0,37%) y una media de 10,29 documentos años.

De la Universidad de Extremadura, el primer autor está en la posición séptima participando con 71 documentos (0,36%) con un promedio de 10,14 documentos por

---

<sup>247</sup> Price, D. J. de Solla (1971). Some remarks on elitism in information and the invisible college phenomenon in science. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 22(2), pp. 74-75.

año. El segundo autor de la Universidad de Extremadura ocupa el puesto número 14 con 57 trabajos (0,29 % de la producción) y una media de 8,14 documentos por año.

Dentro de esta clasificación se encuentran 8 autores de las Universidades Andaluzas (Universidades de Almería, Córdoba, Granada, Huelva y Sevilla); tres de Aragón (Universidad de Zaragoza); cuatro de Asturias (Universidad de Oviedo); uno de Cantabria; seis de Castilla La Mancha y uno de Castilla y León (Universidad de Valladolid). Cataluña cuenta con 15 autores dentro de los más productivos: siete de la Universidad Politécnica de Cataluña (dos de ellos en los puestos 1 y 2); las universidades de Lleida, Autónoma de Barcelona y Barcelona cuentan con un autor y Rovira y Virgili con tres autores. Seis autores de los más productivos pertenecen a la Universidad de Extremadura ocupando los puestos 7 y 14, los primeros y 3 autores comparten el puesto 31 y otro en el 34. De la Comunidad Gallega hay 13 autores: seis de la Universidad de Vigo (uno de ellos en el puesto número 4) y siete de Santiago de Compostela).

#### 4.2.5.2. Concentración de la producción científica entre los autores: Índice de Gini y Curva de Lorenz

Las medidas de concentración tienen como objetivo fundamental cuantificar el grado de desigualdad en el reparto o distribución de una magnitud (producción científica en este caso), entre un número determinado de individuos (autores de esa producción científica).

El objetivo del Índice de Gini<sup>248</sup> es constatar y observar si la producción científica analizada está equitativamente distribuida entre los autores o si, por el contrario, está concentrada entre ciertos autores.

La curva de Lorenz<sup>249</sup> es una gráfica que se deduce a partir de la información suministrada para el cálculo del índice de Gini y que, por tanto, refleja la mayor o menor concentración en la distribución de una magnitud. Existe, por tanto, una relación directa entre el Índice de Gini y la forma de la curva de Lorenz, suponiendo ésta última una información adicional muy interesante sobre la forma en que se ha llevado a cabo el reparto de la cuantía total.

---

<sup>248</sup> Gini, (1909), *op. cit.*.

<sup>249</sup> Lorenz, (1905), *op. cit.*

Para su representación gráfica llevamos a los ejes cartesianos los valores de las proporciones acumuladas del número de autores, y las proporciones acumuladas de los valores obtenidos en el reparto de documentos (producción científica). Ambas proporciones varían entre 0 y 100. Si trazamos la diagonal, del cuadrado formado, que parte del origen de coordenadas, los pares de puntos, representados por los autores y los documentos, se mantendrán por debajo de dicha diagonal. La curva de Lorenz es la resultante de unir todos los puntos, obteniéndose una gráfica, en forma de línea quebrada, que cuanto mayor sea el número de puntos más se aproximará a ser una curva.

En las dos últimas columnas del Anexo IV se obtiene información respecto a la equidad de la producción científica entre los autores estudiados. Se observa, que casi el 10 % de los autores (9,63 %) publicaron cerca del 50 % de los trabajos (49,49 %), mientras que fue necesario el 90 % de los autores restantes para obtener el otro 50 % de documentos publicados.

Por tanto, a la vista de estos datos del Anexo V y de la figura 4.11 (Curva de Lorenz), la concentración es bastante alta.

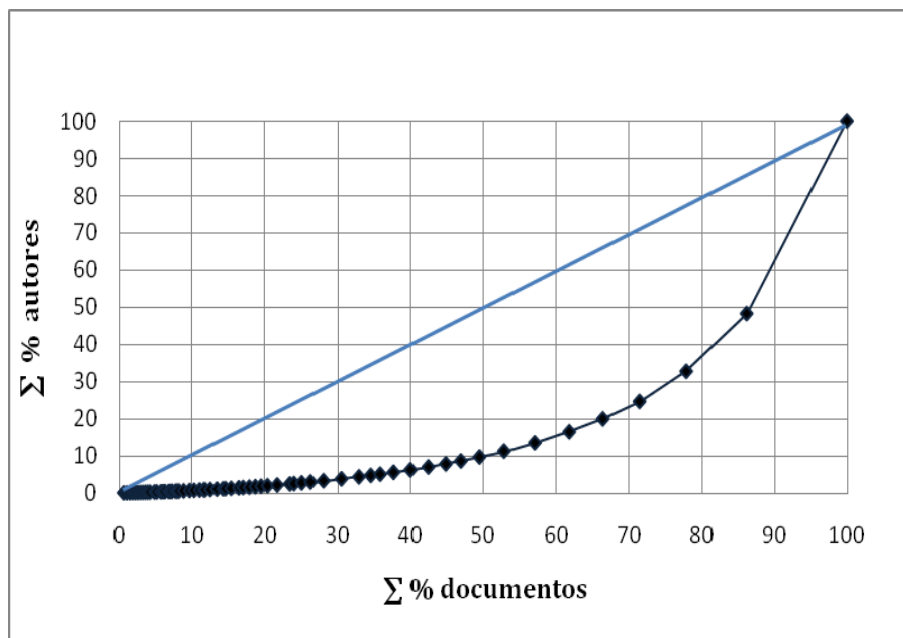


Figura 4.11. Curva de Lorenz

El índice de Gini obtenido es, también, alto como consecuencia de la distribución de trabajos entre los autores. Por lo tanto, la producción científica no está

distribuida de forma equitativa entre los autores estudiados, sino muy concentrada (Índice de Gini = 0,8012).

$$I_G = 1 - \frac{\sum_1^{n-1} q_i}{\sum_1^{n-1} p_i} = \frac{270,12}{1359,34} = 1 - 0,1987 = 0,8012$$

#### 4.2.5.3. Productividad científica de los autores. Estimación de los parámetros de la Ley de Lotka

El estudio de las pautas de comportamiento de los científicos a la hora de publicar y el ajuste de éstas a un modelo de carácter cuadrático inverso fue una de las primeras regularidades científicas sacadas a la luz por la aún incipiente bibliometría<sup>250</sup>.

La conocida, posteriormente, como *ley de Lotka* ha sido desde entonces uno de los puntos de encuentro habituales de la investigación en bibliometría.

En conjunto, los trabajos sobre la ley de Lotka, los podríamos adscribir a uno de los dos enfoques siguientes: los que han comprobado el cumplimiento de la ley entre determinados colectivos científicos; especialmente desde los años setenta han sido muchos los estudios encaminados a comprobar el cumplimiento de la ley en su formulación original, la ley cuadrática inversa, con resultados poco concluyentes, que, sin embargo, sirvieron para poner de manifiesto que era necesario refinar la metodología de análisis, y los test de comprobación<sup>251,252</sup>.

De manera gradual, no obstante, se ha impuesto un enfoque diferente: los investigadores han intentado encontrar modelos que describiesen la productividad de los autores más exactamente o métodos que permitiesen afinar más en el cálculo de los parámetros, así como encontrar el test de confianza más apropiados ( $\chi^2$  o Kolmogorov-Smirnov).

<sup>250</sup> Lotka, (1926), *op. cit.*

<sup>251</sup> Pao, M. L. (1985). Lotka's law: a testing procedure. *Information Processing & Management*, vol. 21(4), pp. 305-320.

<sup>252</sup> Nicholls, P. T. (1989). Bibliometric modeling processes and the empirical validity of Lotka's law. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 40(6), pp. 379-385.

Desde este segundo punto de vista, la ley de Lotka se ha reformulado de tal manera que su forma original sería un caso particular de la propia ley, es decir, el caso de algunos conjuntos de documentos o de autores que se ajustan razonablemente bien a la expresión:

$$y_x = y_1 \times x^{-2} \text{ , como caso particular}$$
$$y_x = c \times x^{-n} \text{ , como caso general} \quad [1]$$

Y, por otra parte, se han definido los métodos para el cálculo de los valores de la constante 'c' y de la pendiente 'n' (Pao, 1985).

El tratamiento de los datos y el cálculo de los parámetros que describen la productividad de la población investigadora requiere en cambio la resolución de varias cuestiones previas: cómo se van a contar los autores y qué procedimiento se va a emplear para determinar la pendiente y la constante.

El recuento de autores, problema ampliamente debatido en la literatura sobre Lotka, presenta varias posibilidades que ya fueron explicadas con anterioridad<sup>253</sup>. De todas ellas la más apropiada es la "*normal o complete count*"; por ser lo más justo en la valoración de la contribución que hacen los autores, pues la tendencia a la colaboración resulta un elemento cada vez más consolidado del quehacer investigador, habida cuenta de la necesidad de cooperación para resolver problemas de índole metodológica. Parece obvio, entonces, que se otorgue el mismo crédito a todos los coautores en la medida en que resultan piezas necesarias a lo largo de las distintas etapas del proceso de investigación.

La determinación de los parámetros de una distribución de tipo Lotka plantea a su vez tres problemas conectados entre sí sucesivamente, si se adopta la metodología propuesta por Pao. El hecho clave es el cálculo de la constante 'c' (valor correspondiente al número de autores con un solo trabajo en la ecuación [1]); para ello hay que determinar previamente el valor de la pendiente de la distribución 'n' y a su vez, para esto último, es necesario haber decidido el número de pares de datos que se van a utilizar en el cálculo de la misma.

---

<sup>253</sup> Lindsey, D. (1982). Further evidence for adjusting for multiple authorship, *Scientometrics*, vol. 4, pp. 389-395.



Mientras que el cálculo de la pendiente 'n' y la constante 'c' están resueltos metodológicamente, el último paso de los que hemos mencionado y el primero en el proceso, la elección del número de pares de datos utilizado para calcular la pendiente, es el más indeterminado y el que a más aproximaciones/ soluciones ha sido sometido, sin que ninguna sea hasta ahora comúnmente aceptada por la comunidad científica.

La necesidad de este primer paso reside en el hecho, comprobado por el propio Lotka, de que la parte inferior de la distribución, formada por los autores más productivos, no se ajustaba a la previsión de la ley, debido a la variabilidad de los datos, originada probablemente por su propia escasez. Lotka decidió eliminarlos antes de proceder a los cálculos y así se ha venido haciendo en muchos casos posteriormente.

Para acceder a este corte, se pueden distinguir dos enfoques posibles entre los métodos que se han propuesto para afrontar la cuestión: uno, más teórico, según el cual el corte se decidiría *a priori* en función de un planteamiento previo, externo a los datos de la muestra; por ejemplo, eliminar un equivalente a  $\sqrt{\sum y_x}$ , donde  $\sum y_x$  es la suma de todos los autores<sup>254</sup>. Este número de autores serían eliminados de la fracción más productiva, parte inferior de la distribución. Proceso basado en la aproximación de Price<sup>255</sup> del grupo élite de cualquier cuerpo científico.

También ha sido propuesto eliminar la parte equivalente a  $\sqrt{\sum y_i}$ , donde  $\sum y_i$  sería el número de autores con un solo trabajo<sup>256</sup>.

Una cuarta propuesta ha sido eliminar los autores a partir del momento en que su frecuencia de aparición se estabiliza en 1, nuevamente los más productivos<sup>257</sup>.

La ley de Lotka establece que el número de autores,  $y_x$ , cada uno de ellos con 'x' trabajos, es inversamente proporcional a x, que es la productividad de cada autor individual.

---

<sup>254</sup> Vlachý, J. (1980). Evaluating the distribution of individual performance. *Scientia Yugoslavica*. vol. 6(1-4) pp. 267-275.

<sup>255</sup> Price (1971),. *op. cit.*

<sup>256</sup> Yablonski, A.I. (1980). On fundamental regularities of the distribution of scientific productivity. *Scientometrics*, vol. 2(1), pp.3-34.

<sup>257</sup> Nelson, M.J.; Tague, J.M. (1985). Split size-rank models for the distribution of index terms. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 36(5), pp. 283-296.

En la relación cuadrática inversa, el valor de  $n$  (exponente de la potencial o pendiente de la recta) es 2 en la ecuación [1], mientras que en otros trabajos de la amplia literatura se han encontrado valores comprendidos entre 1,2 y 3,5 para  $n$ . Incluso en las distribuciones de Lotka, dependiendo del número de pares de datos escogidos, variará la pendiente.

La estimación del parámetro 'c' (porcentaje de autores con un solo trabajo publicado en toda la bibliografía analizada) es aún más problemática.

La solución más simple es aceptar la conclusión de Lotka que dice: "la proporción de autores con un solo trabajo es alrededor del 60 %", que era el % que obtuvo en sus dos muestras  $6/\pi^2$ . La mayoría de los investigadores eligen esta ley cuadrática inversa para sus comprobaciones porque es la más fácil de calcular.

En cuanto al test de bondad de ajuste a elegir para comprobar si los datos observados se ajustan o no a la función teórica, Coile<sup>258</sup> criticó el uso del test de la  $\chi^2$  por parte de algunos autores, diciendo que el poder de ese test radica en la necesidad de combinar los datos en varias categorías, sugiriendo el test de *Kolmogorov-Smirnov* como más poderoso estadísticamente.

Aunque hay otros métodos para calcular la pendiente de una línea de regresión, el más usado es el método de los mínimos cuadrados, del que una de las formas equivalentes es:

$$n = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad [5]$$

donde,

N = Número de pares de datos considerados

X = Logaritmo decimal de x

Y = Logaritmo decimal de y

También, como Lotka sugirió, los valores logarítmicos de x e y podrían ser dibujados en una gráfica *log-log* para identificar la región aproximada del corte de los pares de datos más productivos con el fin de obtener una línea recta (fig. 4.12).

<sup>258</sup> Coile, R.C. (1977). Lotka's frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 28(6), pp. 366-370.

De igual forma se pueden hacer varios cálculos de  $n$ , usando diferentes valores de  $N$ , y usando el gráfico como guía.

La mediana de la media puede ser identificada como la mejor pendiente para la distribución observada.

Para el cálculo del parámetro  $n$  (exponente de la ley de Lotka) de la producción en IQ, los datos fueron tomados de la tabla 4.16.

**Tabla 4.16. Distribución de la producción científica**

Artículos	Autores	X	Y		
x	Y	log x	log y	X·Y	X <sup>2</sup>
1	2712	0,0000	3,4333	0,0000	0,0000
2	814	0,3010	2,9106	0,8762	0,0906
3	423	0,4771	2,6263	1,2531	0,2276
4	246	0,6021	2,3909	1,4395	0,3625
5	182	0,6990	2,2601	1,5797	0,4886
6	156	0,7782	2,1931	1,7066	0,6055
7	118	0,8451	2,0719	1,7509	0,7142
8	83	0,9031	1,9191	1,7331	0,8156
9	56	0,9542	1,7482	1,6682	0,9106
10	41	1,0000	1,6128	1,6128	1,0000
11	43	1,0414	1,6335	1,7011	1,0845
12	40	1,0792	1,6021	1,7289	1,1646
13	35	1,1139	1,5441	1,7200	1,2409
14	26	1,1461	1,4150	1,6217	1,3136
15	17	1,1761	1,2304	1,4471	1,3832
16	20	1,2041	1,3010	1,5666	1,4499
17	28	1,2304	1,4472	1,7807	1,5140
18	27	1,2553	1,4314	1,7968	1,5757
19	18	1,2788	1,2553	1,6052	1,6352
20	12	1,3010	1,0792	1,4040	1,6927
21	10	1,3222	1,0000	1,3222	1,7483
22	5	1,3424	0,6990	0,9383	1,8021
23	15	1,3617	1,1761	1,6015	1,8543
24	11	1,3802	1,0414	1,4373	1,9050
25	7	1,3979	0,8451	1,1814	1,9542
26	6	1,4150	0,7782	1,1011	2,0021
27	6	1,4314	0,7782	1,1138	2,0488
28	6	1,4472	0,7782	1,1261	2,0943
29	4	1,4624	0,6021	0,8805	2,1386
30	7	1,4771	0,8451	1,2483	2,1819
31	5	1,4914	0,6990	1,0424	2,2242

Tabla 4.16. Distribución de la producción científica

Artículos	Autores	X	Y		
x	Y	log x	log y	X·Y	X <sup>2</sup>
32	2	1,5051	0,3010	0,4531	2,2655
33	5	1,5185	0,6990	1,0614	2,3059
34	5	1,5315	0,6990	1,0705	2,3454
35	4	1,5441	0,6021	0,9296	2,3841
36	1	1,5563	0,0000	0,0000	2,4221
37	3	1,5682	0,4771	0,7482	2,4593
38	4	1,5798	0,6021	0,9511	2,4957
40	3	1,6021	0,4771	0,7644	2,5666
41	4	1,6128	0,6021	0,9710	2,6011
42	3	1,6232	0,4771	0,7745	2,6349
45	1	1,6532	0,0000	0,0000	2,7331
46	1	1,6628	0,0000	0,0000	2,7648
47	2	1,6721	0,3010	0,5034	2,7959
48	1	1,6812	0,0000	0,0000	2,8266
49	1	1,6902	0,0000	0,0000	2,8568
52	2	1,7160	0,3010	0,5166	2,9447
53	1	1,7243	0,0000	0,0000	2,9731
54	1	1,7324	0,0000	0,0000	3,0012
57	2	1,7559	0,3010	0,5286	3,0831
58	1	1,7634	0,0000	0,0000	3,1097
60	2	1,7782	0,3010	0,5353	3,1618
61	1	1,7853	0,0000	0,0000	3,1874
63	1	1,7993	0,0000	0,0000	3,2376
65	1	1,8129	0,0000	0,0000	3,2867
66	1	1,8195	0,0000	0,0000	3,3107
71	1	1,8513	0,0000	0,0000	3,4272
72	1	1,8573	0,0000	0,0000	3,4497
73	1	1,8633	0,0000	0,0000	3,4720
79	1	1,8976	0,0000	0,0000	3,6010
82	1	1,9138	0,0000	0,0000	3,6627
87	1	1,9395	0,0000	0,0000	3,7617
102	1	2,0086	0,0000	0,0000	4,0345
<b>2254</b>	<b>5239</b>	88,9348	52,4881	52,7927	136,3856

La figura 4.12 muestra el resultado de la estimación del exponente de la ley de Lotka, obtenida con el mejor ajuste del coeficiente de determinación  $R^2$ , al cortar la distribución según el método de Price<sup>259</sup> o de Yablonski<sup>260</sup>, concretamente, la elección

<sup>259</sup> Price (1971), *op. cit.*

<sup>260</sup> Yablonski, (1980), *op. cit.*

se hizo según la propuesta de Price, utilizando los 30 primeros pares de datos (eliminando de la distribución la parte correspondiente a  $\sqrt{\sum y_x}$ ). La pendiente resultante fue  $n = 1,87$ .

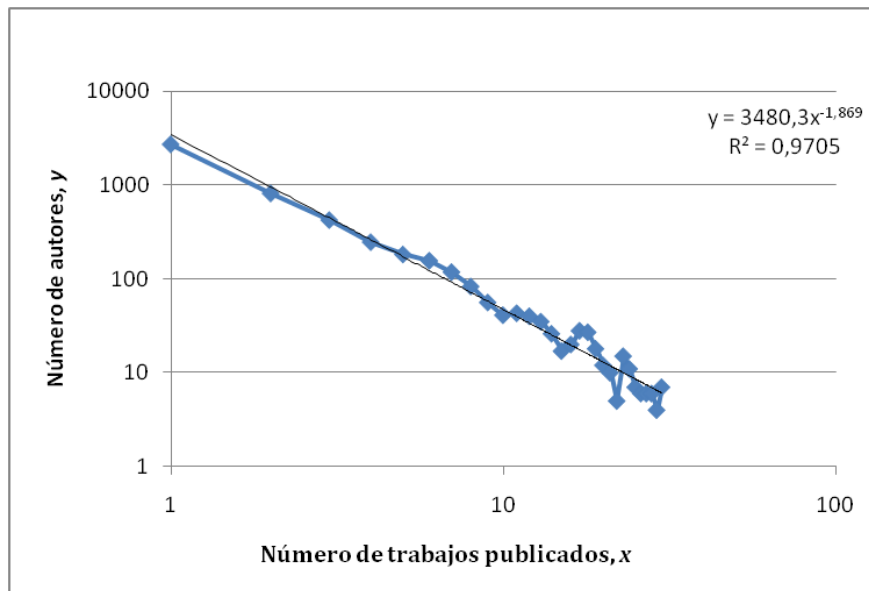


Figura 4.12. Estimación de la pendiente,  $n$ .

Para estimar el otro parámetro de la ley de Lotka (constante  $C$ , equivalente al % de autores con un solo trabajo publicado en la bibliografía analizada), se sustituye el valor de  $n$  en la fórmula siguiente ( $P = 20$ ):

$$\begin{aligned} \sum_{x=1}^{\infty} \frac{1}{x^n} &\cong \left[ \sum_{x=1}^{P-1} \frac{1}{x^n} + \frac{1}{(n-1)(P^{n-1})} + \frac{1}{2P^n} + \frac{n}{24(P-1)^{n+1}} \right] = \\ &\sum_{x=1}^{19} \frac{1}{x^{1,87}} + \frac{1}{0,87 \times 20^{0,87}} + \frac{1}{2 \times 20^{1,87}} + \frac{n}{24(19)^{2,87}} = \\ &1,699 + 0,0848 + 0,0018 + 0,0000 = 1,7856; \\ C &= \frac{1}{\sum_{x=1}^{\infty} \frac{1}{x^n}} = \frac{1}{1,7856} = 0,5600 \end{aligned}$$

A partir del valor de  $C$  se completa las columnas 4 y 5 de la tabla 4.17 (la columna 4 con la fórmula de Lotka; la columna 5 acumulando la 4).

Una vez completada las columnas 4 y 5 se halla la diferencia, en valor absoluto, entre las columnas 3 y 5 y se anota en  $D_{max}$ .

Con objeto de contrastar si la distribución de los datos observados se ajusta a una distribución de tipo Lotka, se someten al test no paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov*, consistente en comparar el valor crítico a un nivel de significación, por ejemplo de  $\alpha = 0,01$ , el valor máximo de la  $D_{max}$ . En nuestro caso 0,0423.

El valor crítico a un nivel de significación  $\alpha = 0,01$  se calcula con la siguiente fórmula:

$$v.c. = \frac{1,63}{\sqrt{n}} = \frac{1,63}{\sqrt{5239}} = \frac{1,63}{72,38} = 0,022$$

Como  $v.c. < 0,423$  se rechaza la hipótesis nula de que los datos de los iq españoles se ajustan a una distribución de tipo Lotka.

**Tabla 4.17. Test de Kolmogorov-Smirnov**

y	%y	$\Sigma(\%y)$	Fe	$\Sigma Fe$	$D_{max}$ .
2712	0,5177	0,5177	0,5600	0,5600	0,0423
814	0,1554	0,6730	0,1332	0,7132	0,0402
423	0,0807	0,7538	0,0717	0,7849	0,0311
246	0,046	0,8007	0,4191	0,8268	0,0261
182	0,0347	0,8355	0,0276	0,8545	0,0190
156	0,0298	0,8652	0,0196	0,8741	0,0089
118	0,0225	0,8877			
83	0,0158				
56					
"					
"					
<b>5239</b>					

### 4.3 Colaboración Científica

La colaboración es un factor decisivo, tanto en el proceso de generación del conocimiento como en la difusión de los resultados. En ciencia y tecnología es cada vez más elevado el nivel de colaboración ya sea entre instituciones o entre autores.

La colaboración es analizada desde dos puntos de vista: entre autores, obteniéndose la tasa o grado de coautoría y el Índice de coautoría (Ic) y entre instituciones.

En la colaboración entre autores se estudia el índice de coautoría, la tasa de coautoría y la evolución durante el periodo de estudio. Hay trabajos que asocian un mayor índice de coautoría con un mayor impacto y calidad de los trabajos, y con una mayor productividad de los autores<sup>261,262,263,264</sup> que se confirma para el caso español en determinados campos, así como un aumento de ésta cuando publican sus trabajos en las revistas internacionales de mayor prestigio<sup>265</sup>.

En este apartado se realiza un análisis del número de autores firmantes por documento para conocer el grado de interacción a nivel micro y a nivel macro, el incremento o descenso de la internacionalización, del establecimiento de redes, la aparición o desaparición de colaboradores, etc.

En la colaboración institucional se estudia el grado de colaboración existente en el conjunto de documentos estudiados.

Se distingue la colaboración nacional, internacional o mixta.

---

<sup>261</sup> Sonnenwald, D. H. (2007). Scientific Collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology*, vol. 41, pp. 643-681.

<sup>262</sup> Lewison, G.; Cunningham, P. (1991). Bibliometric Studies for the Evaluation of Trans-National Research. *Scientometrics*, vol. 21(2), pp. 223-244.

<sup>263</sup> Narin, F.; Stevens, K.; Whitlow, E. S. (1991). Scientific Cooperation in Europe and the Citation of Multinationally Authored Papers. *Scientometrics*, vol. 21(3), pp. 313-323.

<sup>264</sup> Glänzel, W. (2001). National Characteristics in International Scientific Co- Authorship Relations. *Scientometrics*, vol. 51(1), pp. 69-115.

<sup>265</sup> Chinchilla-Rodríguez, Z.; Moya-Anegón, F. La investigación científica española (1995-2002): una aproximación métrica. Granada: Universidad, 2007.

### 4.3.1 Co-autoría

El número total de autores aparentes hallados en el estudio (producto de número de firmantes por el correspondiente de artículos) es de 19.661. A partir de este dato obtenemos tanto la tasa como el índice de coautoría.

La tasa de coautoría, es uno de los indicadores más utilizados en relación a la co-autoría y no es más que la proporción de documentos firmados por más de un autor. Este porcentaje ha aumentado mucho en las últimas décadas pero existen variaciones según el tipo de área de la ciencia que se estudie. En el caso de la IQ española, la tasa de coautoría fue del 99,16%, es decir, de los 4.648 documentos únicamente 39 han sido firmados por un único autor (0,84%).

#### Indicadores:

☀ **Tasa de coautoría: 99,16%** = nº de trabajos firmados por más de un autor = 4609

☀ **Índice de coautoría:**  $Ic = \frac{\sum x \cdot y}{\sum y} = \frac{19661}{4648} = 4,23$

**Tipo de conteo:** todo el documento para cada uno de los autores firmantes.

El otro indicador utilizado, en relación a la coautoría de los trabajos, es el índice de coautoría (media del número de firma de los documentos y, que ha resultado ser de 4,23 autores/documento (tabla 4.18).

**Tabla 4.18. Nivel de co-autoría anual en Ingeniería Química**

Año	Nº de Artículos	Número de autores										Nº total autores	Autores/ Artículos
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	>9		
2000	540	5	44	147	167	101	51	9	6	4	6	2238	4,14
2001	626	8	72	144	200	121	54	15	9	3	0	2517	4,02
2002	638	5	48	151	221	140	46	15	8	4	0	2619	4,11
2003	572	3	48	121	187	135	53	14	6	3	2	2397	4,19
2004	667	6	50	144	227	133	63	26	12	5	1	2823	4,23
2005	783	9	53	166	227	173	92	34	19	1	9	3471	4,43
2006	822	3	50	173	257	191	91	33	11	8	5	3596	4,37
<b>Totales</b>	<b>4648</b>	<b>39</b>	<b>365</b>	<b>1046</b>	<b>1486</b>	<b>994</b>	<b>450</b>	<b>146</b>	<b>71</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>19661</b>	<b>4,23</b>



Del total de documentos, más de las  $\frac{3}{4}$  partes están firmados por un número de autores comprendido entre 3 y 5 (75,86 %; 3.526 documentos). El 14,35% de los documentos (667) están firmados por un número de autores de entre 6 y 8 autores. Sólo el 1% del total (1,10%) están firmados por más de 9.

El nivel de co-autoría para nuestro estudio se muestra en las figuras 4.13 y 4.14, donde se aprecia que la mayoría de la distribución está entre 3-5 autores por documento (media de 4,23).

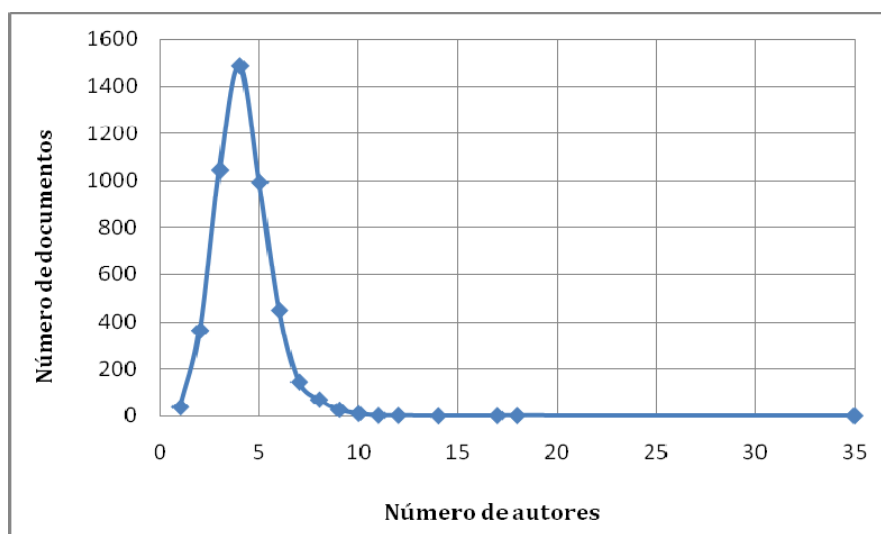


Figura 4.13. Número de firmas por documento.

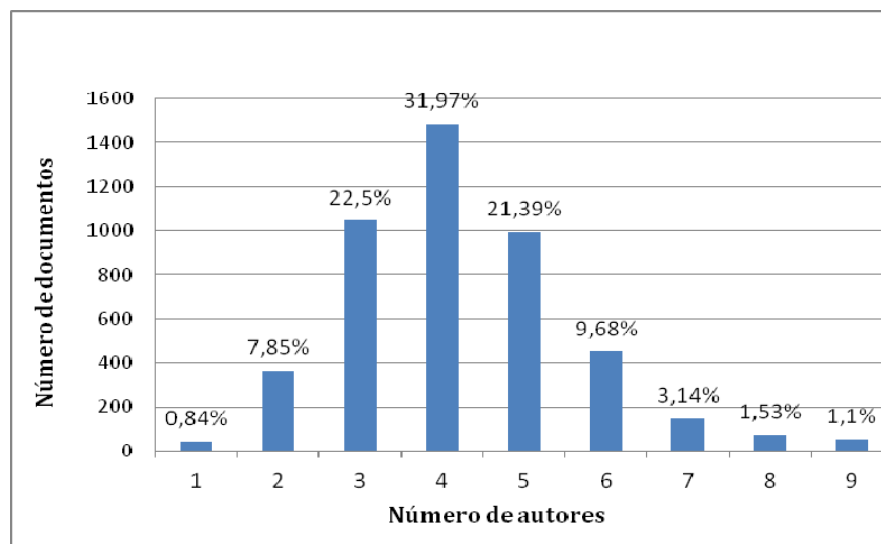


Figura 4.14. Distribución del número de firmas por documento.

Para probar si había diferencia entre artículos con cuatro o más autores y artículos con menos de cuatro autores, se utilizó el test *U de Mann-Whitney* con los datos de la tabla 4.19.

El punto de corte para el número de autores está basado en el valor de la media. Un valor  $p < 0.05$  fue considerado estadísticamente significativo (bilateral).

El análisis estadístico fue realizado con el paquete estadístico SPSS 17.0 para Windows<sup>266</sup>.

**Tabla 4.19. Distribución de artículos y citas según autoría**

nº autores	nº documentos	Total autores	Total Citas
1	39	39	298
2	365	730	1964
3	1046	3138	6610
4	1486	5944	8892
5	994	4970	6567
6	450	2700	3257
7	146	1022	835
8	71	568	766
9	28	252	251
10	11	110	39
11	3	33	81
12	3	36	35
14	1	14	1
17	2	34	42
18	2	36	143
35	1	35	8
	<b>4648</b>	<b>19661</b>	<b>29789</b>

En promedio, la diferencia en el número de citas recibidas entre artículos con cuatro o más autores y artículos con menos de cuatro autores, no resultó estadísticamente significativo (media: 6.2 vs. 7.1;  $p = 0.565$  test *U de Mann-Whitney*) (tabla 4.20). Este hecho lo confirma, además, la casi perfecta correlación ( $R^2 = 0,9947$ ) entre el número de documentos (2ª columna) y el número de citas (4ª columna) de la tabla 4.19.

<sup>266</sup> SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA.

**Tabla 4.20. N° de citas recibidas por grupos de artículos firmados por menos de 4 autores y por 4 o más autores<sup>b</sup>**

	Average
U de Mann-Whitney	20,000
W de Wilcoxon	48,000
Z	-,575
Sig. asintót. (bilateral)	,565
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,620 <sup>a</sup>

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Grupos

Subramanyam y Stephens<sup>267</sup> estudiaron la revista *Journal of the American Institute of Chemical Engineers* durante los años 1965, 1970, 1975 y 1980. Los resultados obtenidos por estos autores, en relación a la tasa de autoría, fueron de un 86,98% de artículos con múltiples autores y un promedio del número de autores por artículo entre 2 y 3, permaneciendo esta imagen durante los 15 años estudiados.

Nuestros resultados<sup>268</sup> son más elevados que los observados por los autores anteriores: el % de co-autoría ha sido alto (99%) y la media global de números de autores por artículo es de 4,23 (índice de co-autoría), alcanzando los artículos con 4 autores cerca del 32% (31,97 %). El total de artículos firmados por cuatro o más autores alcanza el 70%.

En un estudio más reciente<sup>269</sup> llevado a cabo con la producción científica de los departamentos de Ingeniería Química en USA durante el periodo 2002-2010, los resultados obtenidos en relación a la coautoría, muestran cómo evoluciona durante ese periodo de estudio el número de autores por artículo, pasando de 3,7 autores por documento en 2003 a 4,7 en 2010.

Con estos datos, aún existen diferencias significativas con los resultados obtenidos para los IQ españoles. En el año 2003, la media de autores por documento estaba en 4,19.

<sup>267</sup> Subramanyam, K.; Stephens, E.M. (1982). "Research collaboration and funding in Biochemistry and Chemical Engineering". *International Forum for Information and Documentation*, 7/4:26-29.

<sup>268</sup> Pulgarín, A. y col. (2010). Colaboración científica de la ingeniería química en las universidades españolas *Revista General de Información y Documentación*, vol. 20 (2010) 101-113

<sup>269</sup> Yuanqing Zhu, Ming-Huang Wang & Yuh-Shan Ho (2011). An analysis of research activity in department of chemical engineering in USA. *Arch. Environ. Sci.* 5, 62-70 62


Según Morlacchi, Wilkinson y Young<sup>270</sup>, “la distribución de artículos con co-autoría no es una distribución normal o en forma de campana, sino una distribución potencial característica, en la que unos cuantos autores contribuyen con un gran número de artículos con co-autorías y una larga cola que implica a muchos autores, contribuyendo con un pequeño número de artículos en co-autoría”. Babarasi y col<sup>271</sup>, afirman que el gráfico log-log del número de artículos con co-autoría muestra una característica línea recta con una correlación de 0,98 y una pendiente próxima al valor de 1. En un trabajo anterior, Beaver<sup>272</sup>, observó que la autoría en la colaboración sigue una distribución de Poisson, significando un suceso relativamente raro; de modo gradual va tendiendo hacia la distribución binomial negativa a medida que la colaboración se hace más frecuente.

Los datos del presente trabajo no apoyan las afirmaciones expresadas por los autores anteriores. En ingeniería química la distribución del número en co-autoría resultó ser una distribución normal.

## 4.3.2 Colaboración institucional

### 4.3.2.1 Datos generales

#### Indicadores:

 **Tasa de colaboración:** nº de trabajos firmados por más de una institución = 2404. Tasa de Colaboración = 51,72%

**Tipo de conteo:** todo el documento para cada una de las instituciones participantes.

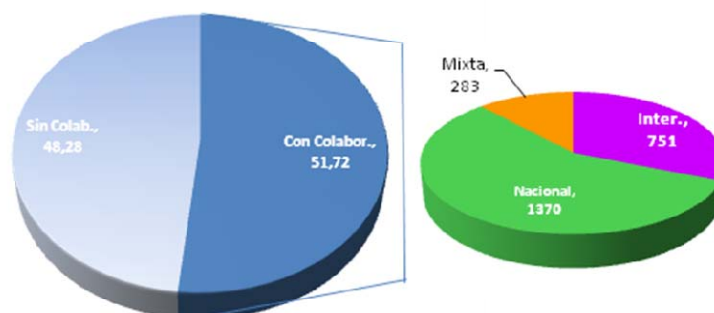
En este caso, se estudia la cooperación con otras instituciones aparecidas en el conjunto de documentos analizados. El resultado del estudio muestra que en más de la mitad de los documentos participa más de una institución (fig. 4.15). Concretamente, el 51,72% de los trabajos fueron realizados conjuntamente con otras

<sup>270</sup> Morlacchi, P.; Wilkinson, I. F.; Young, L. (2004). Social networks of researchers in business to business marketig: A case study of the IMP Group 1984-1999”. En *SPRU Electronic Working Paper Series*. University of Sussex, UK: The Freeman Centre, paper nº 116, pp. 1-42

<sup>271</sup> Barabasi, A.L.; Jeong, H.; Neda, Z.; Ravasz, E.; Schubert, A.; Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of the social network of scientific collaborations. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 311/3-4:590-614.

<sup>272</sup> Beaver, D. (2001) Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. *Scientometrics*, 2001, 52/3:365-377.

instituciones (2404 documentos en total), quedando con autoría de un solo área el 48,28% restante de los documentos (2244 documentos).



**Figura 4.15. Colaboración en IQ**

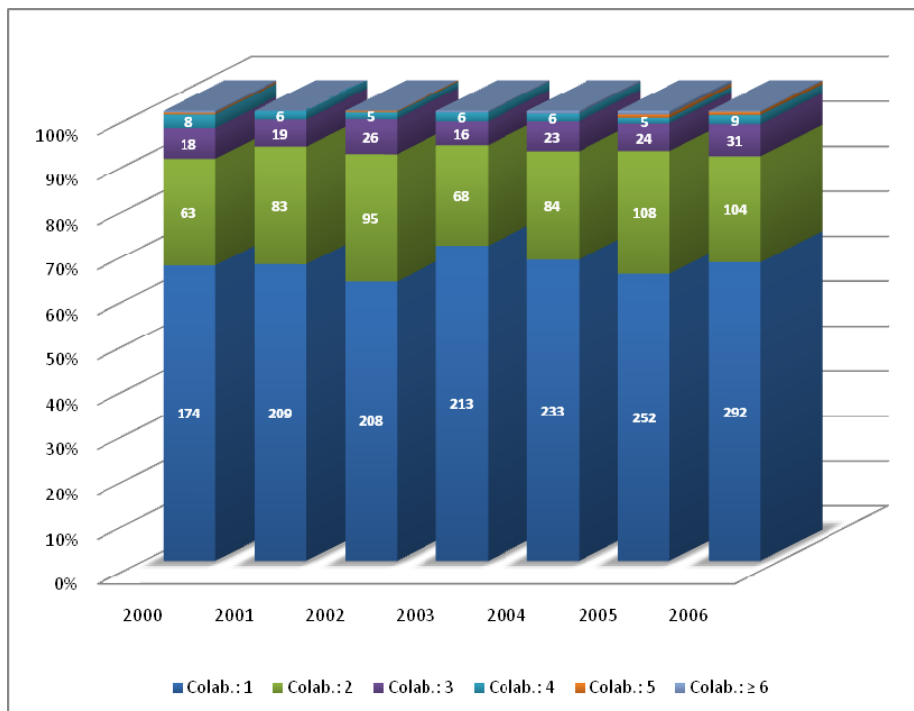
En los documentos con colaboración institucional encontramos desde registros que únicamente colaboran con otra institución (1581 documentos) hasta 2 documentos en los que participan, además de algún área de IQ, 12 y 14 instituciones más.

La tabla 4.21 muestra la distribución anual del total de número de documentos en colaboración con otras instituciones. Se observa la existencia de 1581 documentos en la que se colabora con otra institución, hasta 2 documentos en los que participan, además de la propia área de IQ, 12 y 14 instituciones más.

**Tabla 4.21. Distribución anual del número de documentos en colaboración con otras instituciones**

Nº col.	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
1	174	209	208	213	233	252	292	1581
2	63	83	95	68	84	108	104	605
3	18	19	26	16	23	24	31	157
4	8	6	5	6	6	5	9	45
5	1	0	1	0	0	3	3	8
6	0	0	0	0	1	2	1	4
7	0	0	0	1	1	0	0	2
12	1	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	1	0	1
<b>Totales</b>	<b>265</b>	<b>317</b>	<b>335</b>	<b>304</b>	<b>348</b>	<b>395</b>	<b>440</b>	<b>2404</b>

La figura 4.16 muestra la evolución anual del conjunto de documentos con colaboración institucional. Puede observarse como predominan los documentos elaborados en colaboración con otra institución, alcanzándose valores cercanos a dos tercios. El 65,77% de los documentos en colaboración están firmados por dos instituciones; el 25,17% por tres instituciones; el 6,53% por tres instituciones y el 1,87% por cuatro instituciones. Valores residuales se obtienen para aquellos documentos elaborados por cinco o más instituciones (0,66%).



**Figura 4.16. Evolución anual de la colaboración institucional**

Tal como muestra la figura 4.17, los ingenieros químicos universitarios tienden cada vez más a colaborar con otras instituciones en la elaboración de sus publicaciones. Así, se puede observar cómo aumenta en más de un punto porcentual la colaboración institucional durante el periodo estudiado con la excepción de la producción correspondiente a los años 2004 y 2005. Por otro lado, destaca que, aunque la producción correspondiente al año 2003 es inferior al año anterior y posterior, es mayor el grado de colaboración institucional con respecto a los mismos años.

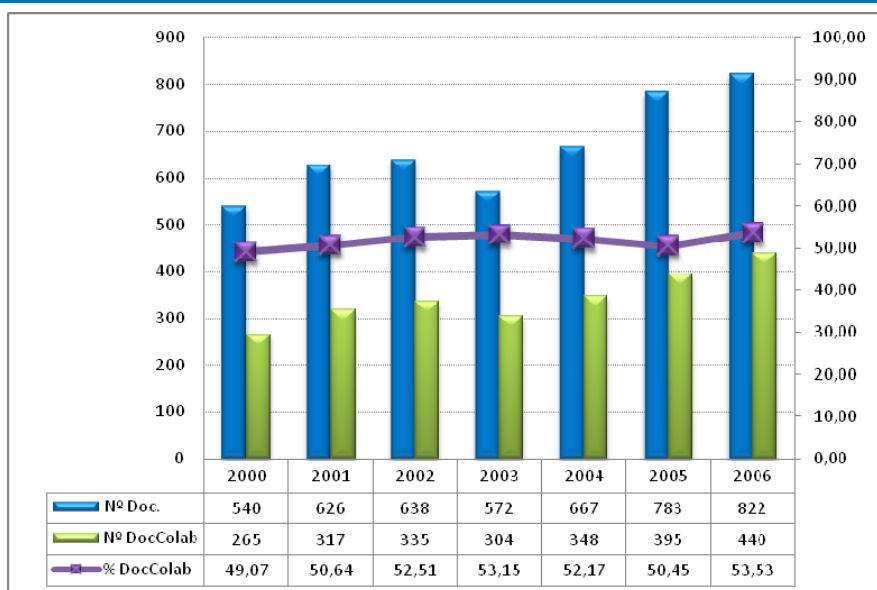


Figura 4.17. Proporción de documentos en colaboración institucional

En relación a la citación, número de autores firmantes y citas dadas por los documentos estudiados (referencias), la tabla 4.22 muestra la comparación entre los valores obtenidos para registros en colaboración y sin colaboración (media de los datos).

Tabla 4.22. Distribución de los documentos con y sin colaboración

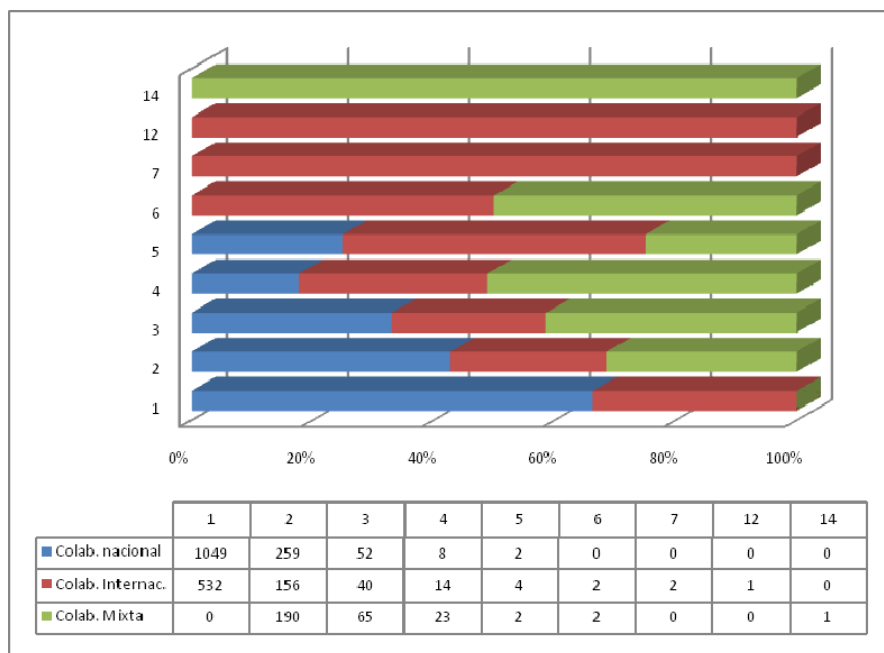
	N° Doc	Refer	N° Auto	Citas 2008	citas 2011
Total documentos	4.648	27,15	4,23	6,41	14,03
Sin colaboración	2.243	26,19	3,75	6,07	13,29
Con colaboración	2.404	28,00	4,61	6,71	14,55

El índice de autoría obtenido para el conjunto de documentos estudiado era de 4,23 autores por documento, mientras que en aquellos elaborados en colaboración institucional la media de autores por documento es superior a ésta (4,61 autores/doc.) e inferior para los elaborados únicamente por autores del área de IQ (3,75 autores/doc.)

La media de referencias para el conjunto de documentos estudiado es de 27,15 por documento. Para el conjunto de documentos con colaboración se obtiene un valor de 28 referencias por documento y baja con respecto a los documentos sin colaboración a 26,19.

Lo mismo ocurre en el caso de las citas recibidas. Así, en 2008 y para el total de documentos recuperados, se obtiene una media de 6,41 cita por documento mientras que en los documentos con colaboración institucional esta media sube a 6,71, bajando para aquellos documentos que están elaborados sin colaboración institucional a 6,07. Del mismo modo, en 2011 se obtiene una media de cita por documento de 14,03 mientras que para los documentos con colaboración institucional la media obtenida es de 14,55 y de 13,29 la correspondiente a los documentos elaborados sin colaboración institucional.

La figura 4.18 resume el tipo de colaboración institucional hallado en los documentos estudiados: colaboración nacional, internacional y mixta (nacional + internacional), y que se detallan en los epígrafes siguientes.



**Figura 4.18 Tipo de colaboración institucional**



### 4.3.2.2. Colaboración Nacional

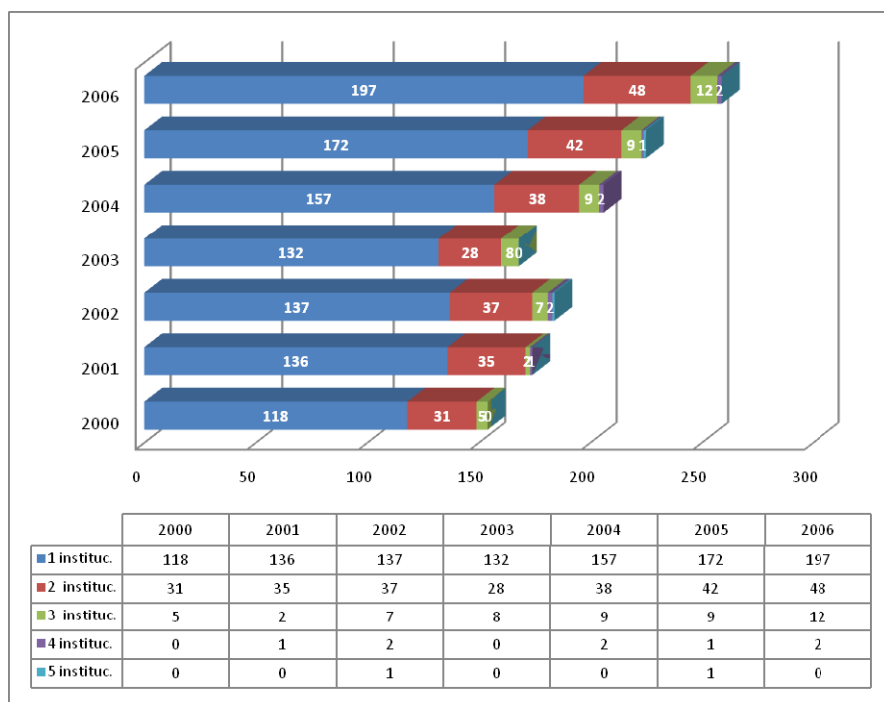
En este subapartado se estudia la cooperación con otras instituciones de ámbito nacional halladas en el conjunto de documentos analizados. El resultado del análisis muestra que este subconjunto está formado por un total de 1370 documentos, distribuidos a lo largo del periodo de tiempo estudiado (tabla. 4.23).

**Tabla 4.23. Distribución anual de la colaboración institucional nacional**

Nº Instituciones	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Totales	%
1	118	136	137	132	157	172	197	1049	76,57
2	31	35	37	28	38	42	48	259	18,91
3	5	2	7	8	9	9	12	52	3,80
4	0	1	2	0	2	1	2	8	0,58
5	0	0	1	0	0	1	0	2	0,15
<b>Totales</b>	<b>154</b>	<b>174</b>	<b>184</b>	<b>168</b>	<b>206</b>	<b>225</b>	<b>259</b>	<b>1370</b>	

En estos documentos encontramos registros que están realizados en colaboración con hasta cinco instituciones (fig. 4.19). Se puede observar el incremento de la colaboración a lo largo del periodo estudiado con la salvedad de los resultados correspondientes al año 2003.

En la colaboración institucional nacional prevalecen los documentos elaborados por dos entidades distintas (Universidad el área de IQ y otro departamento o institución distinta al que acoge a los iq). El 76,57% de estos documentos están en colaboración con dos instituciones y el 18,91% con tres. Con valores inferiores encontramos documentos elaborados por cuatro instituciones (3,80%) y con valores residuales hallamos documentos elaborados entre cuatro (0,58%) y cinco instituciones (0,15%).



**Figura 4.19. Evolución anual de la colaboración nacional: nº de instituciones**

Los autores firmantes de éstos pertenecen a 1765 instituciones<sup>273</sup>, siendo 6.164 el número total de autores participantes, con una media de 4,5 autores por documento. El total de citas obtenidas para estos documentos fue de 8.403 y 18.473 para los años 2007 y 2010, ambos incluidos. El número de cita media fue de 6,13 y 13,48, respectivamente. El número de documentos referenciados es de 37.994 (27,73 referencias por documento de media).

La figura siguiente (fig. 4.20) muestra, por un lado, la evolución anual de los documentos con colaboración nacional y el número de instituciones que participan en su elaboración, así como la media de citas obtenidas por los documentos que se analizan.

<sup>273</sup> N° de ocurrencias: n° de instituciones participantes por documento en colaboración, contando el Área y/o Departamento de IQ. Señalar que en la elaboración de un documento pueden participar, además de autores del propio área, autores de otras Universidades de IQ, dato que hemos tenido en cuenta en la caracterización del tipo de institución participante.

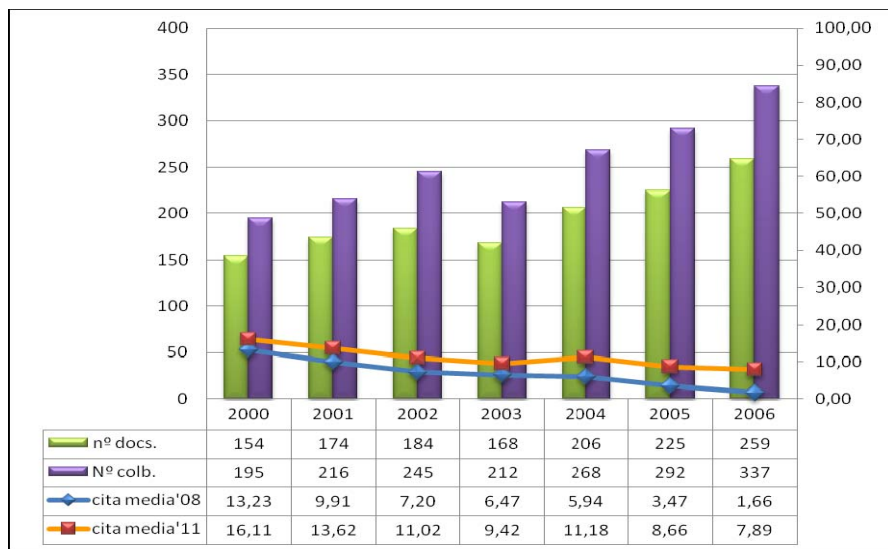


Figura 4.20. Distribución anual de la colaboración nacional y citación

Estos documentos están publicados en 387 revistas. Cerca del 25% (24,67%) de los documentos están publicados en 12 revistas y el 50,15% en 43 títulos distintos. 190 revistas únicamente recogen un documento. La figura 4.21 muestra las trece fuentes más utilizadas en la colaboración nacional que recogen el 25,98% de la producción correspondiente a este tipo de colaboración.

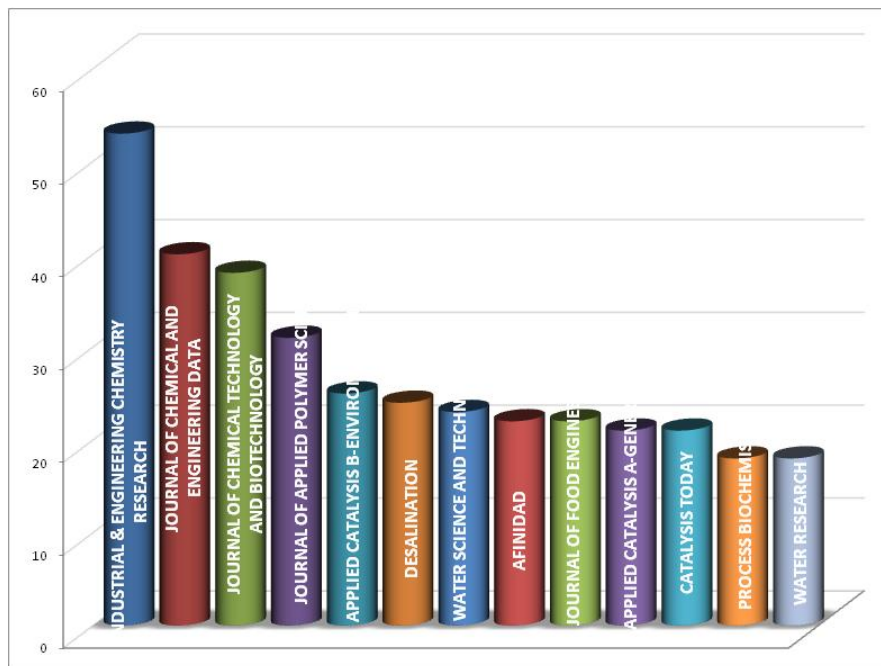
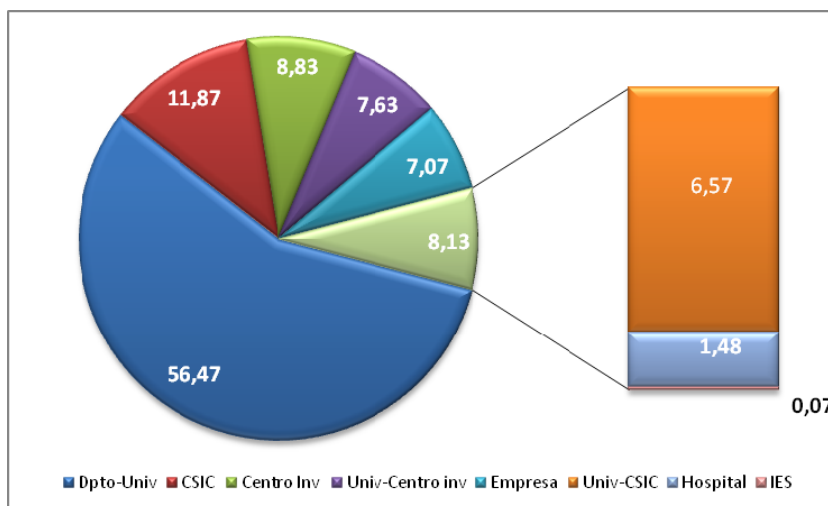


Figura 4.21. Uso de las fuentes en colaboración nacional

En relación a las instituciones que colaboran con los autores de iq en la elaboración de los documentos analizados, se agrupan en ocho tipos:

- ☀ Centros de Investigación, entendidos como aquellos centros ajenos a la Universidad. Por tanto son Centros y/o institutos de investigación ajenos a la universidad y al CSIC.
- ☀ CSIC. Son los distintos centros de investigación de Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- ☀ Empresas: En su mayoría las empresas que han aparecido son empresas privadas que colaboran que la elaboración de los documentos. Existen empresas de entidad pública, pero al obtener valores no significativos se aúnan en este apartado.
- ☀ Hospital: ya sean hospitales universitarios o no
- ☀ Centros mixtos. Esta tipología se subdivide en dos: Centros y/o institutos de investigación universitarios y Centros y/o institutos de investigación de Universidad-CSIC
- ☀ IES: Instituto de Enseñanza Secundaria
- ☀ Otros Dptos y/o áreas de conocimiento ajenas al área de IQ. Señalar que pueden ser Dptos de otras Universidades o de la misma.

En la figura 4.22 muestra los distintos tipos de instituciones que colaboran con los ingenieros químicos, así como el número de documentos (%).



**Figura 4.22 Tipo de instituciones colaboradoras**

Se observa que más de la mitad de las colaboraciones son con otras áreas de conocimiento, de la misma universidad o de otras distintas (56,47%), seguida por Centros de Investigación sin relación con la Universidad y por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

### 4.3.2.3 Colaboración internacional

El resultado del análisis del conjunto de documentos elaborados entre instituciones internacionales y autores del área de IQ, muestra un grupo de documentos formado por un total de 751 documentos, distribuidos a lo largo del periodo de tiempo estudiado (tab. 4.24). La fila correspondiente a  $\geq 5$  Instituciones agrupa los documentos elaborados por 5, 6, 7, 12 y 14 instituciones internacionales.

**Tabla 4.24. Distribución anual del número de documentos con colaboración internacional**

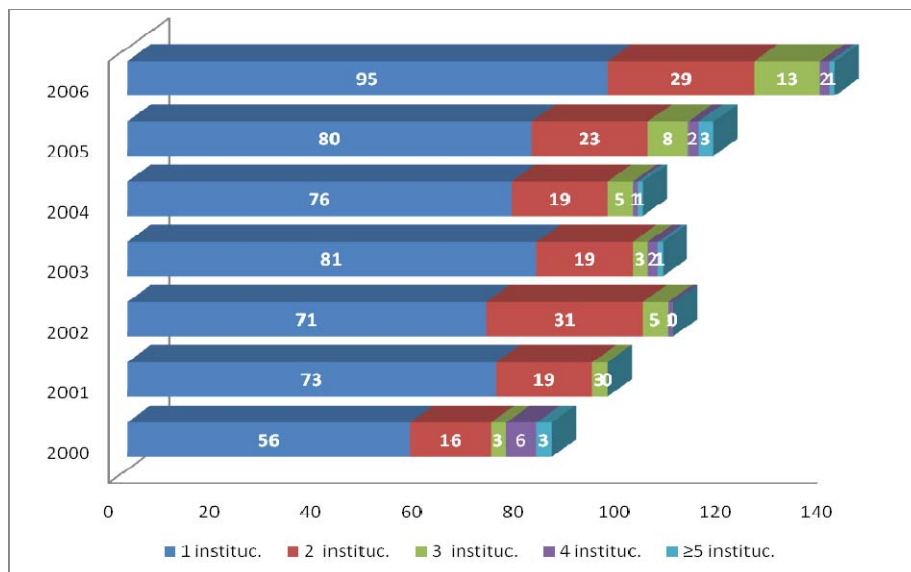
Nº Instituciones	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Totales	%
1	56	73	71	81	76	80	95	532	70,84
2	16	19	31	19	19	23	29	156	20,77
3	3	3	5	3	5	8	13	40	5,33
4	6	0	1	2	1	2	2	14	1,86
$\geq 5$	3	0	0	1	1	3	1	9	1,20
<b>Totales</b>	<b>84</b>	<b>95</b>	<b>108</b>	<b>106</b>	<b>102</b>	<b>116</b>	<b>140</b>	<b>751</b>	<b>100</b>

La horquilla del número de documentos elaborados únicamente con instituciones de otros países, oscila entre 532 documentos que están elaborados por autores con una institución internacional y el área de IQ y un único documento en el que participan 14 instituciones internacionales. Se observa el incremento de la colaboración internacional a lo largo del periodo estudiado con la salvedad de los resultados correspondientes al bienio 2003-2004.

Del mismo modo que en la colaboración nacional, en la internacional prevalecen los documentos elaborados por dos entidades distintas (Universidad, el área de IQ, y otro departamento o institución distinta al que acoge a los IQ). El 70,84% de estos documentos están en colaboración con una institución internacional y en el 20,77% participan dos instituciones internacionales. Con valores inferiores encontramos documentos elaborados por tres instituciones (5,33%), con cuatro se

encuentra el 1,86% y el 1,20% restante aún documentos elaborados por un número de instituciones internacionales que oscilan entre cinco y catorce.

La figura 4.23 muestra la evolución anual del número de instituciones participantes en la elaboración de los documentos con colaboración internacional.



**Figura 4.23. Evolución anual de la colaboración internacional: nº de instituciones**

Los autores firmantes de estos documentos pertenecen a 1065 instituciones<sup>274</sup>, siendo 3.412 el número total de autores participantes, con una media de 4,54 autores por documento. El total de citas obtenidas para estos documentos fue de 5.242 y 11.278 para los años 2007 y 2010, ambos incluidos. El número de cita media fue de 6,98 y 15,02, respectivamente. El número de documentos referenciados es de 20.581 (27,40 referencias por documento de media).

La figura 4.24 muestra, la evolución anual de los documentos con colaboración internacional y el número de instituciones participantes en su elaboración, así como la media de citas obtenidas por los documentos que se analizan.

<sup>274</sup> N° de ocurrencias: n° de instituciones participantes por documento en colaboración, contando el área y/o departamento de IQ. Señalar que en la elaboración de un documento pueden participar, además de autores del propio área, autores de otras iniversidades con área IQ, dato que hemos tenido en cuenta en la caracterización del tipo de institución participante.

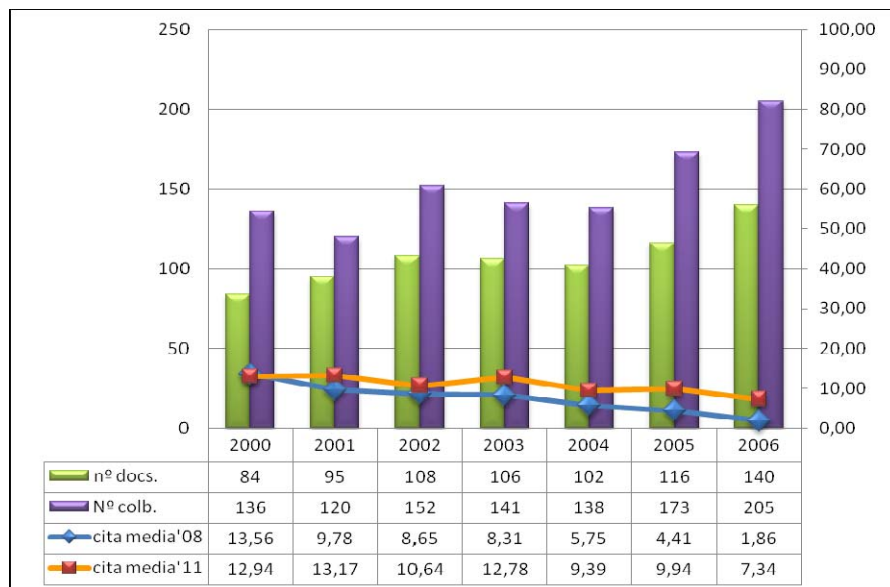


Figura 4.24. Distribución anual de la colaboración internacional y citación

Estos documentos están publicados en 265 revistas (fig. 4.25). De ellas, 156 revistas únicamente recogen un documento (20,77%). El 25% (25,17%) de los documentos están publicados en 9 revistas y el 50% en 33 títulos distintos.

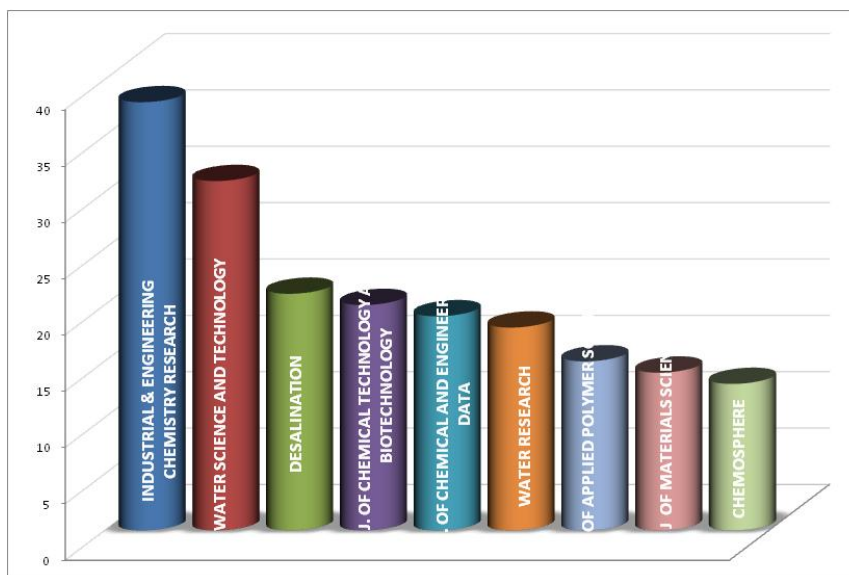


Figura 4.25. Uso de las fuentes en colaboración internacional

En la colaboración internacional únicamente se recogen instituciones de países productores distintos al nuestro. En el tipo de colaboración que se analiza en el

siguiente apartado, colaboración mixta, se registran instituciones tanto nacionales como internacionales. Por este motivo la lista de países o el número de colaboraciones de éstos se verá aumentada, por lo que el detalle sobre los países participantes se lleva a un apartado posterior.

#### 4.3.2.4. Colaboración mixta

En este subapartado se estudia la cooperación con otras instituciones de ámbito nacional e internacional halladas en el conjunto de documentos analizados. El resultado del análisis muestra que este subconjunto está formado por un total de 283 documentos, distribuidos a lo largo del periodo de tiempo estudiado (tabla. 4.25). Se observa que los documentos elaborados en colaboración mixta presentan irregularidades en cuanto al número de documento por año, a lo largo del periodo estudiado.

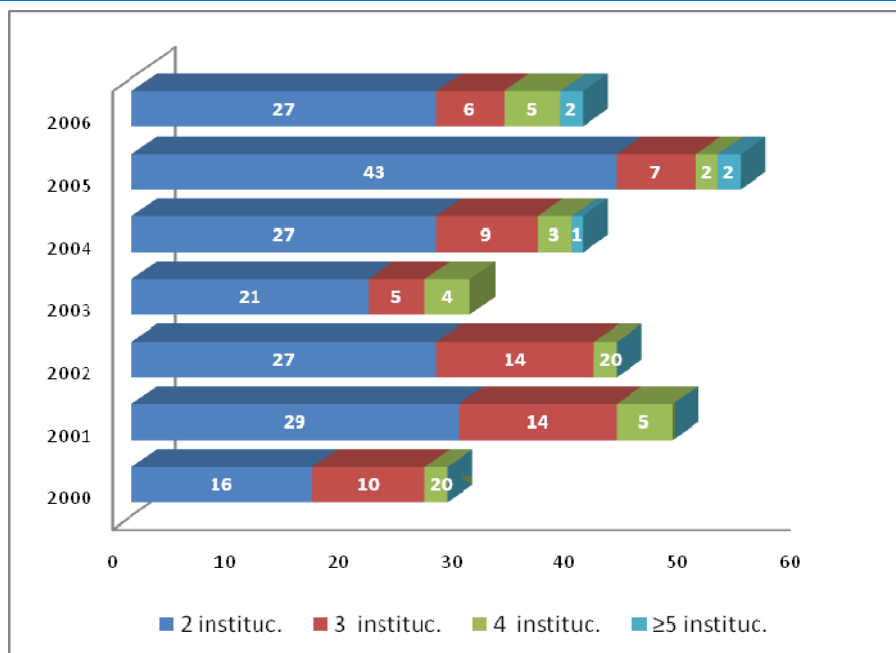
Tabla 4.25. Distribución anual de la colaboración institucional mixta

Nº Ins.	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Totales	%
2	16	29	27	21	27	43	27	190	67,14
3	10	14	14	5	9	7	6	65	8,66
4	2	5	2	4	3	2	5	23	3,06
≥ 5	0	0	0	0	2	1	2	5	0,67
Totales	28	48	43	30	40	53	40	283	100,00

En estos documentos encontramos registros que están realizados en colaboración con hasta catorce instituciones (figura 4.26).

En la colaboración institucional mixta prevalecen los documentos elaborados junto a otras dos instituciones. El 67,14% de estos documentos están en colaboración con otras dos instituciones y el 8,66% y 3,06% con tres y cuatro instituciones, respectivamente. Con valores inferiores encontramos documentos elaborados junto a cinco o más instituciones (0,67%). Este porcentaje aglutina los documentos elaborados por 5, 6 y 14 instituciones.





**Figura 4.26. Evolución anual de la colaboración mixta: nº de instituciones**

Los autores firmantes de estos documentos pertenecen a 704 instituciones. De ellas, 355 instituciones son nacionales y 349 internacionales. El número de autores participantes en la elaboración de estos documentos asciende a 1508, con una media de 5,33 autores por documento. El total de citas obtenidas para estos documentos fue de 2474 y 5238 para los años 2007 y 2010, ambos incluidos. El número de cita media fue de 8,74 y 18,51, respectivamente. El cómputo total de referencias en estos documentos asciende a 8.735 (30,87 referencias por documento de media).

La figura 4.27 muestra, por un lado, la evolución anual de los documentos con colaboración mixta y el número de instituciones que participan en su elaboración, así como la media de citas obtenidas por los documentos que se analizan.

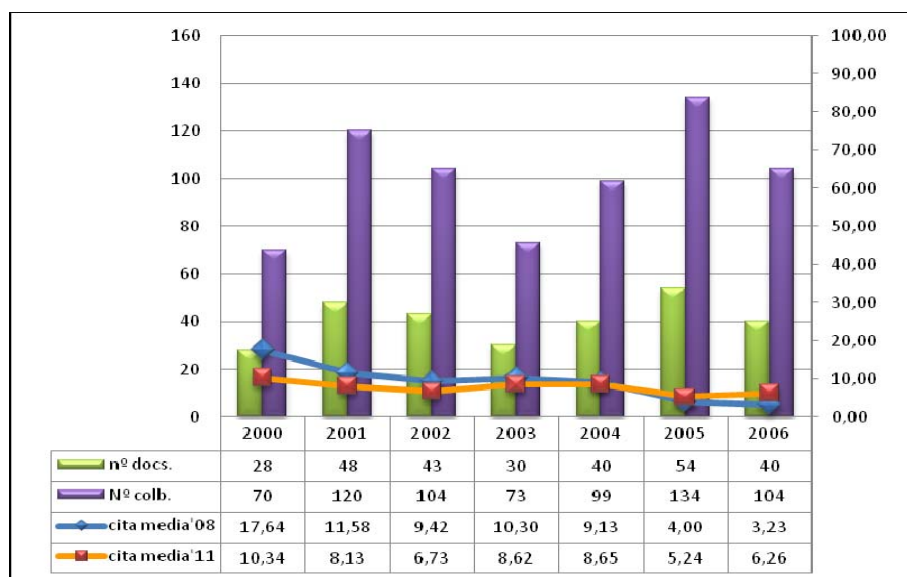


Figura 4.27. Distribución anual de la colaboración mixta y citación

Estos documentos están publicados en 283 revistas (fig. 4.28). De ellas, 88 revistas únicamente recogen un documento (31,10%). El 25% (25,44%) de los documentos están publicados en 9 revistas y el 50% (49,82%) en 31 títulos distintos.

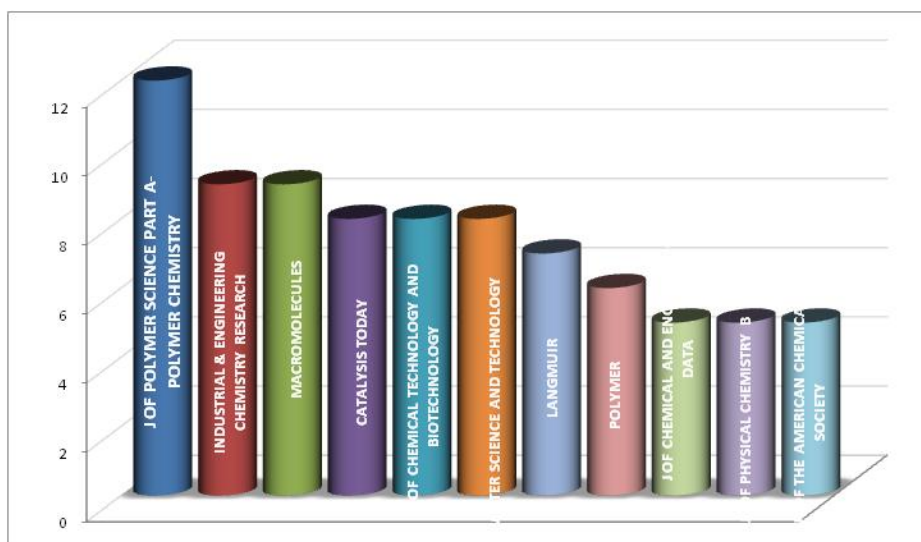


Figura 4.28. Uso de las fuentes en colaboración mixta

En el tipo de colaboración que se analiza en colaboración mixta, se registran instituciones tanto nacionales como internacionales (tab. 4.26). Por este motivo, al

igual que en el caso de la colaboración internacional sobre los países participantes y tipo de entidades colaboradoras, se lleva a un apartado posterior.

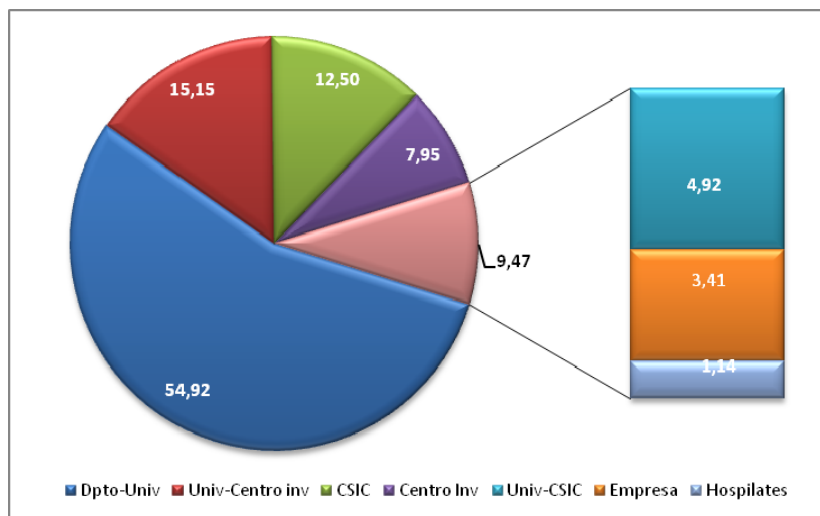
**Tabla 4.26. Matriz de colaboración instituciones internacionales / nacionales**

		Internacionales				
Nº Inst.		1	2	3	4	14
Nacionales	1	190	26	4	1	1
	2	39	8	1		
	3	11				
	4		2			

Las instituciones nacionales participantes en la elaboración de estos documentos, se agrupan en siete tipos:

- ☀ Centros de Investigación, entendidos como aquellos centros ajenos a la Universidad. Por tanto son Centros y/o institutos de investigación ajenos a la universidad y al CSIC.
- ☀ CSIC. Son los distintos centros de investigación de Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- ☀ Empresas: En su mayoría las empresas que han aparecido son empresas privadas que colaboran que la elaboración de los documentos. Existen empresas de entidad pública, pero al obtener valores no significativos se aúnan en este apartado.
- ☀ Hospital: ya sean hospitales universitarios o no
- ☀ Centros mixtos. Esta tipología se subdivide en dos: Centros y/o institutos de investigación universitarios y Centros y/o institutos de investigación de Universidad-CSIC
- ☀ Otros Dptos y/o áreas de conocimiento ajenas al área de IQ. Señalar que pueden ser Dptos de otras Universidades o de la misma.

En la figura 4.29 se observa los distintos tipos de instituciones nacionales que colaboran con los iq así como el número de documentos (%).



**Figura 4.29. Tipo de Instituciones nacionales en colaboración mixta**

De la misma forma que en la colaboración nacional, el mayor número de colaboraciones las realizan con otros departamentos universitarios, alcanzándose el 54,92%. El 15,15% y el 12,50% de los documentos con colaboración mixta nacional están elaborados con autores de centros de investigación universitaria y con el CSIC, respectivamente.

#### 4.3.2.5. Países colaboradores

La diversidad de países con los que han colaborado las universidades españolas ha sido amplia (58 países). Destacan Francia (181 colaboraciones) y USA (169), con cerca del 25 % entre ambos, seguido de Italia (105), Reino Unido (92), Argentina (90), Alemania (80) y Holanda (68). Estos siete países juntos, con un 54,25 %, superan al resto. Con los 12 países primeros de la tabla se alcanza el 70 % de toda la colaboración internacional (tabla 4.29).

La correlación entre el número de artículos en cada año y el porcentaje de artículos con colaboración internacional (tabla 4.27) resultó ser estadísticamente significativa (coeficiente de Pearson = 0.922;  $p = 0.003$ ).

**Tabla 4.27. Correlación entre el número de artículos anual y % de artículos en colaboración internacional**

		Artículos	Porcentaje CI
<b>Artículos</b>	Correlación de Pearson	1	0,922**
	Sig. (bilateral)		0,003
	N	7	7
<b>Porcentaje CI</b>	Correlación de Pearson	0,922**	1
	Sig. (bilateral)	0,003	
	N	7	7

Sin embargo, no hubo diferencia significativa en el promedio de citas recibidas entre el grupo de artículos con colaboración internacional y el de artículos sin colaboración internacional (media: 8.21 vs. 6.56;  $p = 0.338$  test *U de Mann-Whitney*) (tabla 4.28).

**Tabla 4.28. Estadístico de contraste de citas recibidas por artículos con colaboración y sin colaboración internacional**

	Citas artículos
U de Mann-Whitney	17,000
W de Wilcoxon	45,000
Z	-0,958
Sig. asintót. (bilateral)	0,338
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0,383 <sup>a</sup>

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Colaboración

En total, de 4648 documentos, el 22,25% de ellos están elaborados junto con, al menos, una institución internacional. No muy lejano de los datos del estudio de la IQ en USA<sup>275</sup> en el que de un total de 48.100 artículos, publicados en un rango de 9 años, el 25% de ellos son elaborados en colaboración internacional.

Las tablas siguientes (tab. 4.29 y 4.30) muestran, la distribución de la colaboración internacional por año, la primera, y la segunda, la distribución de la colaboración internacional por año y países según el tipo de institución con quién colabore.

<sup>275</sup> Yuanqing, (2011), *op. cit.*

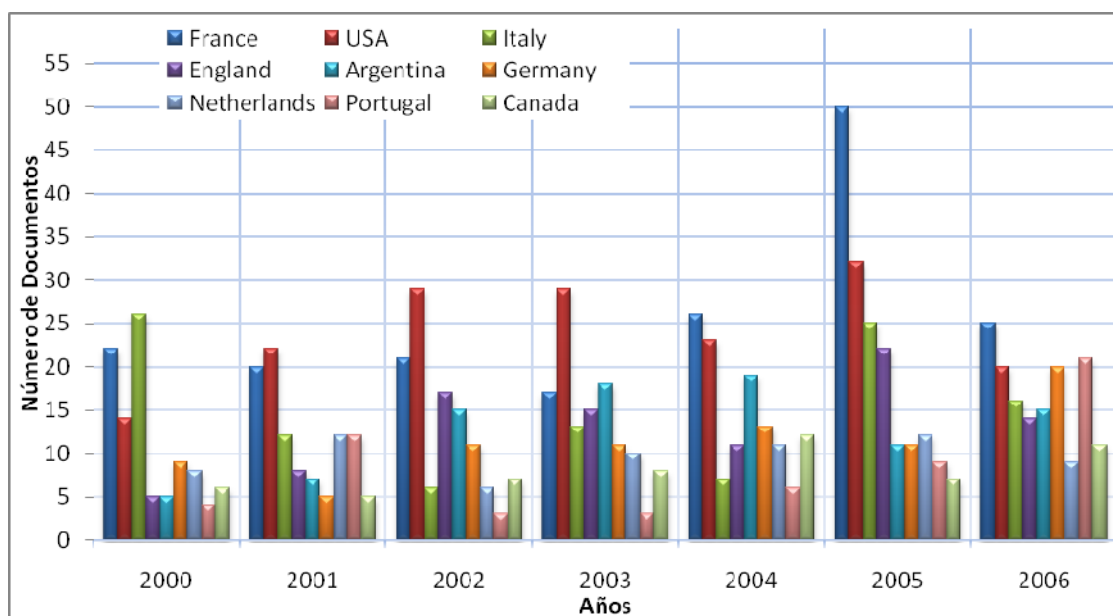
Tabla 4.29. Colaboración internacional por año de publicación de los trabajos

Países	nºcolab	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	total	%	Σ%
France	181	22	20	21	17	26	50	25	181	12,51	12,51
USA	169	14	22	29	29	23	32	20	169	11,68	24,19
Italy	105	26	12	6	13	7	25	16	105	7,26	31,44
England	94	5	8	17	15	11	22	16	94	6,50	37,94
Argentina	90	5	7	15	18	19	11	15	90	6,22	44,16
Germany	80	9	5	11	11	13	11	20	80	5,53	49,69
Netherlands	68	8	12	6	10	11	12	9	68	4,70	54,39
Portugal	58	4	12	3	3	6	9	21	58	4,01	58,40
Canadá	56	6	5	7	8	12	7	11	56	3,87	62,27
México	42	5	3	8	6	6	4	10	42	2,90	65,17
Brasil	41	11	11	5	3	3	7	1	41	2,83	68,00
Chile	38	2	7	6	5	10	2	6	38	2,63	70,63
Cuba	31	5	8	4		6	3	5	31	2,14	72,77
Venezuela	30	4	3	9	9		4	1	30	2,07	74,84
Austria	23	1		3	2	6	4	7	23	1,59	76,43
Israel	22	2	4	3	5			8	22	1,52	77,95
Japan	21	9				4	3	5	21	1,45	79,41
New Zealand	21		2	1	4	4	4	6	21	1,45	80,86
Belgium	20	2	1	1		3	12	1	20	1,38	82,24
Finland	19	4	1			3	4	7	19	1,31	83,55
Switzerland	19	5	3	1	6	1	1	2	19	1,31	84,87
Colombia	16	1		1	3	6	4	1	16	1,11	85,97
Poland	16		2	4	1	1	6	2	16	1,11	87,08
Sweden	14	1		2	2		1	8	14	0,97	88,04
Denmark	13	3	1		1		6	2	13	0,90	88,94
Morocco	11	1	1	3	1	1	3	1	11	0,76	89,70
Russia	11	2	1	5	1	1		1	11	0,76	90,46
Scotland	11	3	1	1	2	1	1	2	11	0,76	91,22
Romania	10	4	3	1	1			1	10	0,69	91,91
Greece	9	1	4	1			1	2	9	0,62	92,54
Czech Republic	8	2	2			3		1	8	0,55	93,09
India	8		2		1	3		2	8	0,55	93,64
Norway	8						6	2	8	0,55	94,19
South Africa	8	1				2	1	4	8	0,55	94,75
Uruguay	8	2	2	1	1	2			8	0,55	95,30
Hungary	7			1	2	3	1		7	0,48	95,78
Ireland	7		1	3	2	1			7	0,48	96,27
China	6	1				2		3	6	0,41	96,68
Bulgaria	4					2	1	1	4	0,28	96,96
Ecuador	4			1		2	1		4	0,28	97,24
Egypt	4						1	3	4	0,28	97,51
Tunisia	4						2	2	4	0,28	97,79
Wales	4		2		1			1	4	0,28	98,06
Australia	3				1	2			3	0,21	98,27
Iran	3						2	1	3	0,21	98,48
Nicaragua	3				2	1			3	0,21	98,69
Slovenia	3		1				1	1	3	0,21	98,89
Byelarus	2	1		1					2	0,14	99,03
Oman	2							2	2	0,14	99,17
Perú	2	1			1				2	0,14	99,31
Slovakia	2		1	1					2	0,14	99,45
Turkey	2					1	1		2	0,14	99,59
Ukraine	2			1	1				2	0,14	99,72
Costa Rica	1							1	1	0,07	99,79
Indonesia	1			1					1	0,07	99,86
Serbia	1						1		1	0,07	99,93
Yugoslavia	1						1		1	0,07	100,00
<b>Totales</b>	<b>1447</b>	<b>173</b>	<b>170</b>	<b>184</b>	<b>188</b>	<b>208</b>	<b>268</b>	<b>256</b>	<b>1447</b>	<b>100,00</b>	

En líneas generales, se observa un crecimiento moderado del número de colaboraciones con instituciones internacionales durante el periodo analizado, del mismo modo que el fuerte incremento producido durante el 2005.

En la tabla anterior (tab. 4.29) están destacados los principales países colaboradores, y que tienen una regularidad durante todo el periodo de estudio. Destacan las 181 colaboraciones con Francia; las 169 con los Estados Unidos de América o los 105 con Italia. En relación a colaboraciones con países latinoamericanos, el principal país colaborador es Argentina con 105 colaboraciones a lo largo del periodo estudiado (5º puesto). En el octavo lugar aparece Portugal con 58 colaboraciones y en los puestos 10º a 14º, aparecen México, Brasil, Chile, Cuba y Venezuela con 42, 41, 38 31 y 30 colaboraciones, respectivamente.

La figura 4.30 muestra la distribución anual de colaboraciones con los 9 primeros países colaboradores (núm. total de colaboraciones > 50). Destaca, por un lado, el salto en número de colaboraciones con Francia, USA, Italia o Inglaterra, durante 2005; por otro, el descenso de estos países y ascenso en número de colaboraciones con Alemania y Portugal en 2006.



**Figura 4.30 Comparación de la evolución de la colaboración con los 9 principales países con quien colaboran**

Tabla 4.30. Colaboración internacional: tipo instituciones colaboradoras

Países	Nº colab	Universidad/ Centro Ens.	centro invest.	empresa	hospital	otros
France	181	90	76	0	0	15
USA	169	132	26	8	0	3
Italy	105	90	10	0	0	5
England	92	77	5	3	1	6
Argentina	90	59	19	1	0	11
Germany	80	39	32	2	0	7
Netherlands	68	50	12	3	0	3
Portugal	58	42	8	1	0	7
Canadá	56	51	1	2	2	0
México	42	31	8	3	0	0
Brasil	41	41	0	0	0	0
Chile	38	38	0	0	0	0
Cuba	31	22	7	2	0	0
Venezuela	30	29	1	0	0	0
Austria	23	18	0	0	0	5
Israel	22	17	5	0	0	0
Japan	21	16	2	3	0	0
New Zealand	21	21	0	0	0	0
Belgium	20	10	0	0	0	10
Finland	19	12	6	0	0	1
Switzerland	19	5	14	0	0	0
Colombia	16	16	0	0	0	0
Poland	16	15	1	0	0	0
Sweden	14	12	2	0	0	0
Denmark	13	3	5	0	0	5
Morocco	11	11	0	0	0	0
Russia	11	8	3	0	0	0
Scotland	11	11	0	0	0	0
Romania	10	4	6	0	0	0
Greece	9	5	3	0	0	1
Ireland	9	9	0	0	0	0
Czech Republic	8	8	0	0	0	0
India	8	2	6	0	0	0
Norway	8	3	4	0	0	1
South Africa	8	4	4	0	0	0
Uruguay	8	8	0	0	0	0
Hungary	7	4	3	0	0	0
Peoples R China	6	6	0	0	0	0
Bulgaria	4	4	0	0	0	0
Ecuador	4	4	0	0	0	0
Egypt	4	4	0	0	0	0
Tunisia	4	4	0	0	0	0
Wales	4	1	3	0	0	0
Australia	3	2	0	0	0	1
Iran	3	3	0	0	0	0
Nicaragua	3	3	0	0	0	0
Slovenia	3	1	2	0	0	0
Byelarus	2	2	0	0	0	0
Oman	2	2	0	0	0	0
Peru	2	2	0	0	0	0
Serbia Monteneg	2	2	0	0	0	0
Slovakia	2	1	1	0	0	0
Turkey	2	2	0	0	0	0
Ukraine	2	2	0	0	0	0
Costa Rica	1	1	0	0	0	0
Indonesia	1	1	0	0	0	0
<b>Totales</b>	<b>1447</b>	<b>1060</b>	<b>275</b>	<b>28</b>	<b>3</b>	<b>81</b>



De los datos de la tabla anterior (tab. 4.30), destaca que el 73,26% de las colaboraciones son con instituciones universitarias o enseñanza superior seguido de centros de investigación con quién colabora un 19%. Con valores residuales hallamos empresas u hospitales (1,94% y 0,21%, respectivamente) y un 5,60 con otros tipos de instituciones.

Así, observamos cómo cerca del 50% (49,72%) de las colaboraciones establecidas con Francia, son con instituciones de enseñanza superior. Con USA, Italia, Francia e Inglaterra este resultado es aún mayor alcanzando el 78,11%, 85,71 y 83,70%, respectivamente.

Con instituciones identificadas como *Centros de Investigación*, los países con quien más colaboraciones se obtienen son con Francia (42%) y Alemania (40%).

## 4.4 Revistas / Publicaciones científicas

El conjunto de documentos de la memoria de tesis (4.648), correspondiente a la producción científica de los iq españoles, durante el período 2000-2006, fue publicado en un total de 598 títulos de revistas científicas distintas, distribuidas entre 115 categorías (*Subject Categoring Listing*) del *Journal Citation Reports* de WoK (Thomson Reuters).

Así, el promedio de documentos por revista fue de 7,77 documentos por título, si bien el número de artículos publicados en cada fuente es muy dispar.

### 4.4.1 Distribución de la productividad en las revistas científicas

En el Anexo VI se muestra parte de la distribución anual de las fuentes en las que son publicados los documentos, dispuestas por año y en orden decreciente de productividad. Debido al elevado número de títulos, únicamente se muestran los primeros 76 títulos (12,71 % del total). Estos títulos acumulan un total de 3.122 documentos (67,17% del total de documentos analizados).

Las dos primeras columnas del Anexo VI, muestran el número de citas recibidas por el grupo de documentos en la primera toma de datos (principio de 2008) y en la segunda toma (principios 2011); las columnas 3 y 4, el número de documentos publicados en la revista y el acumulado de documentos; la 5 el título de la revista; de la columna 6 a la 12 el número de registros publicados en los años de estudio y en la última columna se muestra el promedio de documento por año.

Analizando la distribución de revistas en función del número de documentos generados por los iq españoles, se observa que un único título recoge la producción correspondiente al 6,09% del total de documentos hallados. En el otro extremo (no recogido en el Anexo VI) existen 241 títulos que únicamente publican un documento (*índice de transitoriedad* o porcentaje de revistas que publican un único documento).

Esto supone que el 40,30% de las fuentes estudiadas tan solo publicaron el 5,19% de la producción total.

Observando la distribución de revistas, con más detalle, se comprueba que el grupo, compuesto por los once primeros títulos (1,84%), publican más del 25% de la producción total (25,75%), 1.197 artículos; y que la producción publicada por las 35 primeras revistas (5,85 %) supera el 50% de la producción total (50,19 %).

Del mismo modo se observa que:

- ✓ la revista de mayor producción, *INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH*, recoge 283 documentos durante el periodo estudiado: el 6,09% del total de los documentos, teniendo una producción regular a lo largo del periodo estudiado y un promedio de publicación de 40,4 documentos por año.
- ✓ el título que le sigue, *JOURNAL OF CHEMICAL AND ENGINEERING DATA*, publica 134 documentos (2,88% del total) y el promedio de esta revista en cuanto a número de documentos publicados a los IQ en este período es de 19,1 documentos por año.
- ✓ *JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY*, el tercer título, recoge una producción de 112 documentos (2,41%) y el promedio anual de documentos es de 16.
- ✓ *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY*, que ocupa el cuarto lugar, recoge el 2,28% de lo publicado por estos investigadores (106 documentos) y tiene un promedio de documento por año de 15
- ✓ la quinta publicación más utilizada, *DESALINATION*, recoge el 2,15% del total (100 documentos), con un promedio de documento por año de 14,3.

La figura siguiente (fig.4.31) muestra los títulos de las revistas que más artículos publicaron sobre IQ, en el período estudiado. Se corresponde con la raíz cuadrada del número total de revistas de la bibliografía analizada. Son 24 revistas con un promedio superior a 11,5 artículos por año, cada una de ellas.

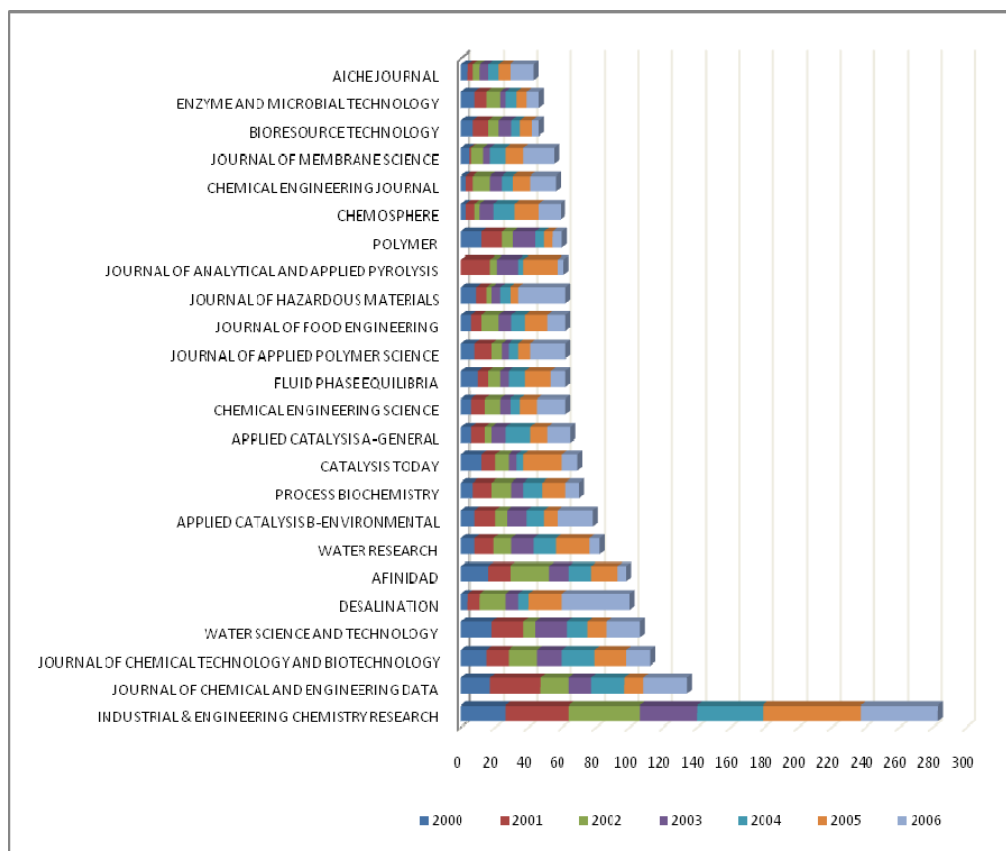


Figura 4.31. Revistas que más publicaron sobre IQ en el periodo 2000-2006

De este grupo de revistas, las más utilizadas por los investigadores para difundir sus trabajos, únicamente una está editada en España. Se trata de *Afinidad*, que aparece en 6º lugar, con un total de 98 artículos publicados, lo que supone un 2,11% de la producción total.

Respecto las preferencias, por las fuentes primarias de información, de los autores españoles en IQ, estos prefirieron la revista *Industrial & Engineering Chemistry Research* (283 artículos, 6,09 del total).

En *Industrial & Engineering Chemistry Research* se observa, unos valores positivos y crecientes en los primeros años, seguidos de un descenso en la mitad del periodo (2003), para volver a ascender en 2004-2005 y descender, nuevamente, en 2006.

Un comportamiento muy parecido con la anterior revista, a excepción del último año, lo tienen las revistas *Desalination* y *Afinidad*, que recogen 100 y 98 documentos

lo que supone un 2,13 y 2,11% del total de la producción total y una media de documento por año de 14,29 y 14 documentos, respectivamente.

Aunque el comportamiento de *Desalination* y *Afinidad* son parecidos en los cinco primeros años, se aprecia tendencias distintas, ya que mientras *Desalination* mantiene una tendencia positiva, a *Afinidad* le ocurre lo contrario, disminuyendo el número de documentos, de forma muy pronunciada en 2006.

Por el contrario, la revista *Water Science and Technology* presenta constantes vaivenes en el número de documentos, a lo largo del periodo de tiempo estudiado

La figura 4.32, y a modo de ejemplo, muestra distintos comportamientos a lo largo del periodo de tiempo estudiado, de los títulos anteriormente, mencionados. Así, se puede observar el comportamiento de la principal revista utilizada y *Water Science and Technology* que, aunque con distintos valores, presentan un comportamiento parecido. Distinto es el caso de las otras dos revistas, *Desalination* y *Afinidad*. Mientras la tendencia de la primera es creciente a lo largo de los años y despuntando su uso a partir de 2005, *Afinidad*, con valores superiores en los tres primeros años, decae a partir de 2004, llegando a publicar únicamente 5 documentos en 2006, en relación a años anteriores.

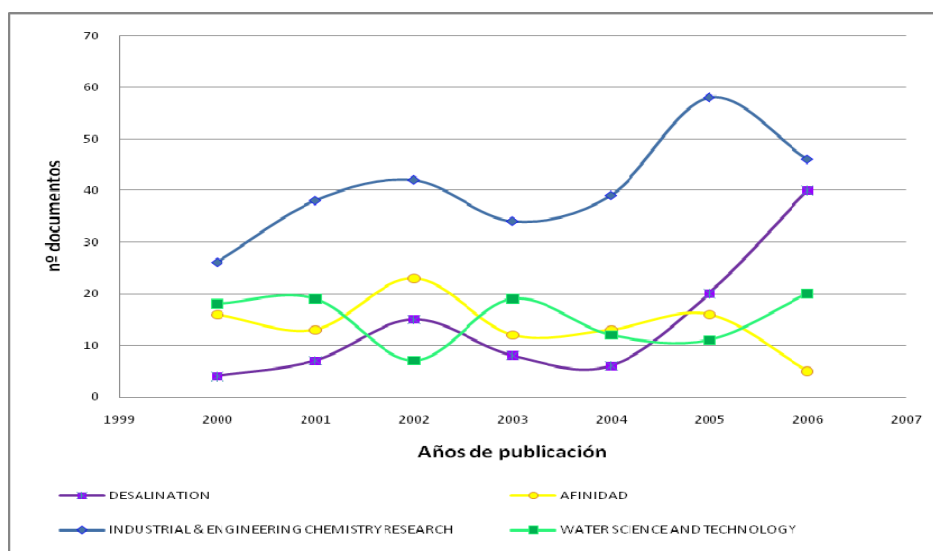


Figura 4.32. Evolución del número de documentos en cuatro revistas

## 4.4.2. Dispersión de la literatura científica: Ley de Bradford

La formulación verbal de la ley de Bradford viene a decir que:

*“Si se disponen las revistas científicas de acuerdo con la productividad decreciente de artículos sobre un tema dado, aquellas pueden dividirse en un núcleo de revistas más particularmente dedicadas a ese tema y varios grupos o zonas que contienen cada una el mismo número de artículos que el núcleo, en tanto que las cantidades de revistas de éste y de las zonas sucesivas presentan la relación 1: k: k<sup>2</sup>...”*

En el Anexo VIII se muestran las revistas de acuerdo con la formulación verbal de Bradford. La columna 1 contiene las revistas de forma decreciente según el número de artículos publicados, en la 2 el número de artículos, en la 3 el producto del número de revistas por el de artículos, en la 4 el acumulado de las revistas ( $\sum r$ ), en la 5 el acumulado de los artículos ( $R(r)$ ), en la 6 el %  $R(r)$  y en la última el logaritmo neperiano de la anterior ( $\ln \sum r$ ).

Al dividir la distribución de revistas en tres zonas, el núcleo o primera zona vendría determinada por las 17 primeras revistas más productivas (1568 documentos), la segunda zona estaría compuesta por las 59 revistas siguientes a las del núcleo (1554 documentos) y la tercera zona contiene las 522 revistas finales (1526 documentos). En el núcleo el promedio de artículo/revista es el más alto (92,24), en la segunda zona el número de artículos por revista baja considerablemente (26,34) y en la tercera zona ni siquiera alcanza los tres artículos por revista (2,92), en los siete años de estudio.

Si representamos en un gráfico el acumulado del número de artículos, ( $R(n)$ ) frente al logaritmo neperiano del acumulado de revistas,  $r$ , (valores de las columnas 5 y 7 del Anexo VIII), se obtiene la dispersión de la distribución de artículos en las revistas (fig. 4.33).

La marca de lo que se podría considerar final del núcleo y principio de la parte recta o zona 2, bien podría ser el punto de  $r = 17$  (2,83 en abscisas). Y el punto final

de la recta (zona 2) y comienzo de la zona 3, más o menos curvilínea, sería el correspondiente a  $r = 76$  (4,33 de abscisas).

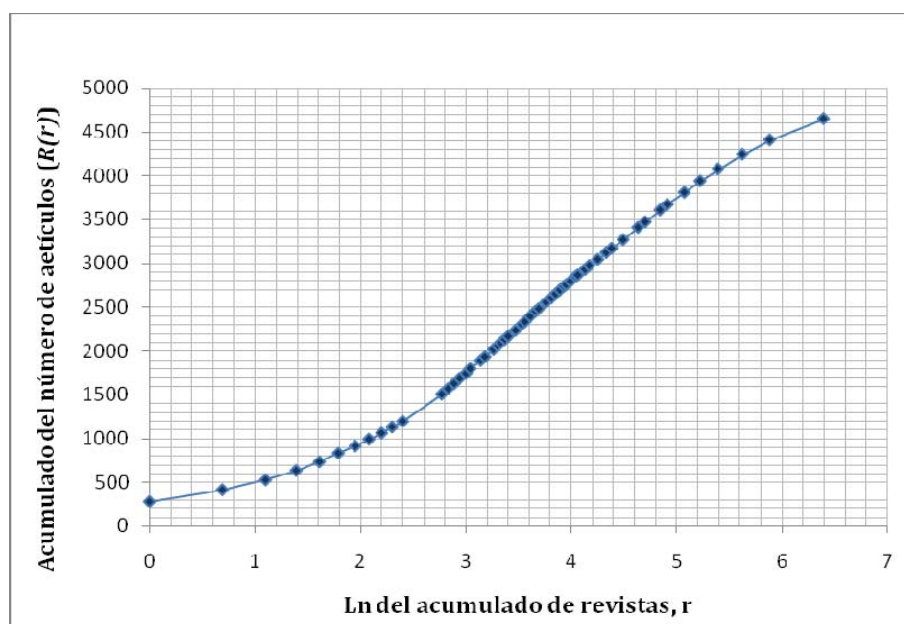


Figura 4.33. Dispersión de la literatura científica (Bradford)

#### 4.4.3 Idioma y País de edición de las revistas científicas

Al recuperar los datos en las bases de datos de WoS recogemos, además de los datos referidos a autores, título del documento, filiación, título de la fuente, etc., recuperamos los datos correspondientes a la editorial (PU), dirección de la misma y país de publicación (PA), ciudad (PI), ISSN y título de la revista abreviada. El país de edición puede variar a lo largo de los años y, a su vez puede tener sede en varias ciudades o países distintos. En nuestro caso, el país de edición lo recogemos del campo PA obtenido en los distintos registros en el momento de recuperar los datos. A continuación se pone un ejemplo de ello y que se corresponde con la revista *Acta Biotechnologica*:

PA	PI	PU	SN	J9
MUHLNSTRASSE 33-34, D-13187 BERLIN, GERMANY	BERLIN	WILEY-V C H VERLAG GMBH	0138-4988	ACTA BIOTECHNOL

La tabla 4.31 y figura 4.34 muestran la distribución de las publicaciones periódica relacionadas con los países en las que están editadas las mismas.

Los 598 títulos están publicados en 36 países distintos. De ellos destaca Estados Unidos, que edita 178 revistas suponiendo el 29,77% del total de revistas y el 33,86% de los documentos, seguido de Reino Unido con 170 títulos (28,43%; 28,14%, respectivamente) y los Países Bajos que editan 109 títulos (18,43%; 23,95%). Estos países editan, entre todos, el 85,95% de las revistas. Alemania y Suiza editan 46 y 25 revistas (7,69 y 4,18%), respectivamente. España edita 7 títulos, suponiendo únicamente el 1,51% del total de las revistas y el 0,22% de la producción.

**Tabla 4.31. Distribución de los países de edición de la revista**

orden	NDoc	N°Rev	país publicación	% rev	% doc	Σ% rev	Σ% doc
1	1574	178	USA	29,77	33,86	29,77	33,86
2	1308	170	ENGLAND	28,43	28,14	58,19	62,01
3	1113	109	NETHERLANDS	18,23	23,95	76,42	85,95
4	178	46	GERMANY	7,69	3,83	84,11	89,78
5	172	25	SWITZERLAND	4,18	3,70	88,29	93,48
6	10	9	FRANCE	1,51	0,22	89,80	93,70
7	157	7	SPAIN	1,17	3,38	90,97	97,07
8	18	6	DENMARK	1,00	0,39	91,97	97,46
9	6	5	JAPAN	0,84	0,13	92,81	97,59
10	21	4	CANADA	0,67	0,45	93,48	98,04
11	8	4	SOUTH KOREA	0,67	0,17	94,15	98,21
12	4	3	BRAZIL	0,50	0,09	94,65	98,30
13	7	2	AUSTRALIA	0,33	0,15	94,98	98,45
14	9	2	BELGIUM	0,33	0,19	95,32	98,64
15	12	2	CROATIA	0,33	0,26	95,65	98,90
16	5	2	CZECH REPUBLIC	0,33	0,11	95,99	99,01
17	6	2	IRELAND	0,33	0,13	96,32	99,14
18	2	2	MEXICO	0,33	0,04	96,66	99,18
19	7	2	ROMANIA	0,33	0,15	96,99	99,33
20	2	2	U ARAB EMIRATES	0,33	0,04	97,32	99,38
21	2	1	ARGENTINA	0,17	0,04	97,49	99,42
22	1	1	AUSTRIA	0,17	0,02	97,66	99,44
23	1	1	CUBA	0,17	0,02	97,83	99,46
24	1	1	FINLAND	0,17	0,02	97,99	99,48
25	6	1	HUNGARY	0,17	0,13	98,16	99,61
26	2	1	INDIA	0,17	0,04	98,33	99,66
27	1	1	ITALY	0,17	0,02	98,49	99,68
28	1	1	NORWAY	0,17	0,02	98,66	99,70
29	1	1	PEOPLES R CHINA	0,17	0,02	98,83	99,72
30	1	1	POLAND	0,17	0,02	99,00	99,74
31	1	1	SCOTLAND	0,17	0,02	99,16	99,76
32	1	1	SLOVAKIA	0,17	0,02	99,33	99,78
33	5	1	SOUTH AFRICA	0,17	0,11	99,50	99,89
34	1	1	SWEDEN	0,17	0,02	99,67	99,91
35	2	1	URUGUAY	0,17	0,04	99,83	99,96
36	2	1	YUGOSLAVIA	0,17	0,04	100,00	100,00
	<b>4648</b>	<b>598</b>		<b>100</b>	<b>100</b>		



La figura 4.34, muestra, en el eje vertical principal, la distribución del número de revistas publicadas en los distintos países y, en el eje vertical secundario, el porcentaje de revistas publicadas en relación al total, observándose claramente, la hegemonía de países anglosajones.

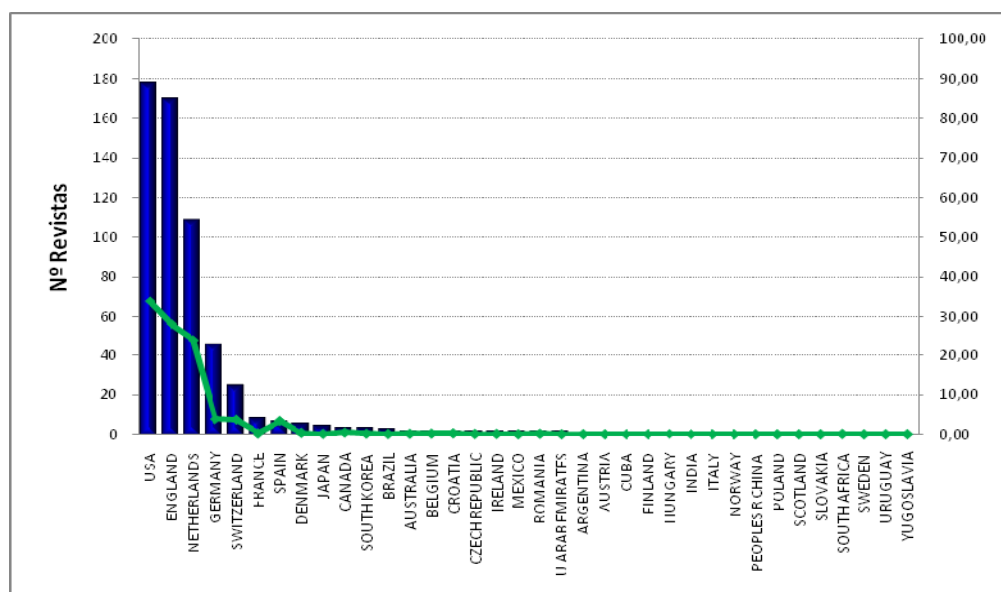


Figura 4.34. Distribución de las revistas por países que las editan

En relación al idioma en que están publicados los documentos de las distintas revistas, 484 revistas (80,94%) están en lengua inglesa; 110 revistas (18,39%) tienen un carácter multilingüe, utilizando varios idiomas en los documentos que recogen. Con valores residuales se encuentran el idioma español (3 revistas, 0,50%) y el Rumano (1 revista; 0,17%).

#### 4.4.4 Revistas españolas y latinoamericanas

En el análisis de las distintas fuentes en las que los investigadores de I+D+I publican los documentos durante el periodo estudiado, aparecen quince títulos editados en distintos países latinoamericanos y que están indexadas en las bases de datos WoK para el periodo de estudio.

Se hallan siete publicaciones editadas en España, tres en Brasil, dos en México y una en Argentina, Cuba y Uruguay, respectivamente. La tabla 4.32 recoge los datos correspondientes a dichos títulos por orden alfabético de los países que publican la revista. Los datos que recoge están referidos al número de documentos publicados; porcentaje de documentos sobre el total; nacionalidad; idioma de la publicación y números que publica al año, observándose la irregularidad en la publicación de documentos a lo largo del periodo estudiado, con la salvedad de Afinidad que publica documentos de los 14 años del periodo estudiado con una media de 14 documentos por año. Del mismo modo se observa la baja captación de citas a los documentos publicados en estas revistas.

En el periodo estudiado se publican en estas fuentes, un total de 168 documentos (3,61% del total).

**Tabla 4.32. Distribución de revistas latinoamericanas**

n	%	Título	nacionalidad	Idioma	nº año
2	0,04	LATIN AMERICAN APPLIED RESEARCH	Argentina	Inglés	4
1	0,02	BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY	Brasil	Multi-lenguaje	4
2	0,04	BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING	Brasil	Inglés	4
1	0,02	JOURNAL OF THE BRAZILIAN CHEMICAL SOCIETY	Brasil	Inglés	6
1	0,02	CUBAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE	Cuba	Inglés	3
98	2,11	AFINIDAD	España	Multi-lenguaje	6
23	0,49	BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPANOLA DE CERAMICA Y VIDRIO	España	Multi-lenguaje	5
17	0,37	GRASAS Y ACEITES	España	Multi-lenguaje	6
2	0,04	MATERIALES DE CONSTRUCCION	España	Español	4
1	0,02	MEDICINA CLINICA	España	Multi-lenguaje	40
2	0,04	QUIMICA ANALITICA	España	Inglés	4
14	0,30	REVISTA DE METALURGIA	España	Español	6
1	0,02	ATMOSFERA	México	Multi-lenguaje	4
1	0,02	CIENCIAS MARINAS	México	Multi-lenguaje	4
2	0,04	INGENIERIA QUIMICA	Uruguay	Español	2
$\Sigma$ 168	$\Sigma$ 3,61				

El idioma Español es utilizado en tres fuentes, siendo editadas dos en España y una en Uruguay. El inglés es utilizado por cinco revistas, dos brasileñas y españolas, respectivamente, y una cubana. Los siete títulos restantes publican los documentos en más de un idioma (multi-lenguaje).

## 4.5 Categorías temáticas

El JCR ofrece una clasificación por categorías (*Subject Category Listing*) de las revistas indizadas en *WoK* (Thomson Reuter). Una misma revista puede aparecer en más de una categorías temáticas.

En el caso de la producción científica en IQ española analizada, las categorías en las que aparecen adscritas las revistas donde se publicaron los artículos, alcanzan las 115. Son categorías de temáticas muy variadas. Entre estas, 20 aparecen con una frecuencia unitaria.

En el Anexo VII se muestra la distribución de revistas en las distintas categorías aparecidas tras el análisis.

### 4.5.1 Categorías a las que estás asignadas la producción de la IQ

#### Indicadores:

- ☀ N° Categorías JCR: 115
- ☀ % de uniasignación: 45% de las revistas (274 revistas; 44% de los documentos)
- ☀ % de multiasignación: 54,18% de las revistas estás asignadas a más de 1 categoría temática (entre 2 y 6); (324 revistas; 56% de los documentos)
- ☀ IA: índice de actividad de las categorías temáticas ( $\geq 10$ )

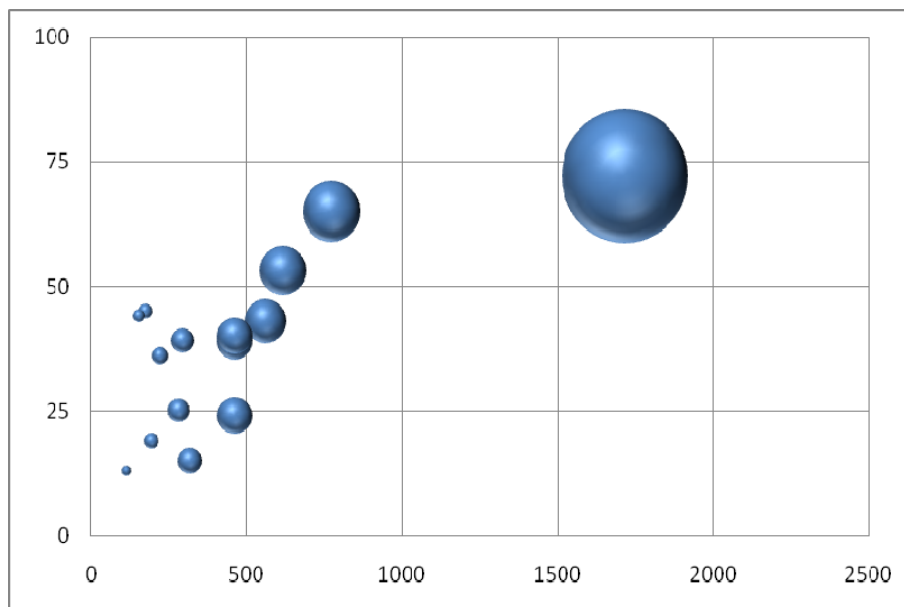
N° Doc: 4648; N° fuentes: 598;

La tabla 4.33 y la figura 4.35 recogen los datos correspondientes al 53% de las revistas encuadradas en estas categorías y que supone el 81,15% de la producción científica. En la tabla se relacionan las categorías temáticas, el número de revistas donde se publican los documentos analizados en cada categoría; el número de documentos (ocurrencias) asignados a cada una de las categorías; el porcentaje correspondiente al número de revistas respecto al total y su acumulado; el porcentaje de documentos que corresponden a esta categoría sobre el total y su acumulado.

**Tabla 4.33. Distribución del 53% de las revistas asignadas a las Categorías del JCR en IQ**

Categorías Temáticas	revist	Ndoc	% Rev.	$\sum$ % rev	% doc	$\sum$ % doc
Engineering, Chemical	72	1717	6,70	6,70	20,38	20,38
Chemistry, Physical	65	774	6,05	12,74	9,19	29,56
Environmental Sciences	53	619	4,93	17,67	7,35	36,91
Biotechnology & Applied Microbiology	43	562	4,00	21,67	6,67	43,58
Chemistry, Multidisciplinary	39	465	3,63	25,30	5,52	49,10
Engineering, Environmental	24	465	2,23	27,53	5,52	54,62
Polymer Science	40	464	3,72	31,26	5,51	60,12
Water Resources	15	320	1,40	32,65	3,80	63,92
Food Science & Technology	39	298	3,63	36,28	3,54	67,46
Chemistry, Applied	25	285	2,33	38,60	3,38	70,84
Chemistry, Analytical	36	224	3,35	41,95	2,66	73,50
Energy & Fuels	19	195	1,77	43,72	2,31	75,81
Biochemistry & Molecular Biology	45	178	4,19	47,91	2,11	77,93
Materials Science, Multidisciplinary	44	156	4,09	52,00	1,85	79,78
Thermodynamics	13	116	1,21	53,21	1,38	81,15

En primer lugar aparece *Chemical Engineering*, con 72 revistas y 1717 ocurrencias y es la categoría que presenta las frecuencias mayores en ambos ítems. Le siguen *Chemistry, Physical* con 65 revistas y 774 ocurrencias y *Environmental Sciences*, con 53 revistas y 659 ocurrencias.



**Figura 4.35. Distribución de categorías del JCR, según el número de revistas y de artículos ( $\geq 100$ ) que contiene**

El Anexo IX muestra el detalle de las distintas categorías a las que están asignadas el 52% de las revistas y que contabilizan el 79,78% de la producción. La tabla 4.34 muestra las primeras categorías del Anexo VII, distribuidas de forma anual.

**Tabla 4.34. Evolución Anual de las Categorías temáticas**

Categoría Temáticas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Engineering, Chemical	192	219	239	187	235	311	334	1717
Chemistry, Physical	90	104	99	78	122	152	129	774
Environmental Sciences	68	80	60	89	101	89	132	619
Biotechnology & Applied Microbiology	87	75	77	71	79	95	78	562
Chemistry, Multidisciplinary	58	65	73	57	76	70	66	465
Engineering, Environmental	55	66	44	72	63	65	100	465
Polymer Science	61	72	54	52	65	67	93	464
Water Resources	34	43	36	46	32	58	71	320
Food Science & Technology	38	41	49	41	48	43	38	298
Chemistry, Applied	41	33	35	27	50	65	34	285
Chemistry, Analytical	12	32	24	38	31	52	35	224
Energy & Fuels	27	27	30	18	27	35	31	195
Biochemistry & Molecular Biology	20	22	35	17	28	29	27	178
Materials Science, Multidisciplinary	15	20	16	17	25	29	34	156

A modo de ejemplo, la tabla 4.35 muestra las revistas en las que se publican documentos encuadrados en la categoría del JCR *Water Resources*. Categoría en las que están encuadradas 15 títulos, observándose cómo los primeros puestos los ocupan *Water Science & Technology*, *Desalination* y *Water Research*, siendo ésta última la más citada, con una media de cita por documento de 9,98.

**Tabla 4.35 Distribución de las revistas de la Categoría del JCR *Water Resources***

cit'08	cit'11	Título	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Σ doc
461	936	Water Science and Technology	18	19	7	19	12	11	20	106
313	800	Desalination	4	7	15	8	6	20	40	100
1341	3192	Water Research	8	11	11	13	13	20	6	82
13	23	Water Environment Research	2	1		1		2	2	8
30	69	Water Air and Soil Pollution		3	1	1	1		1	7
10	21	Water SA		1	2	1			1	5
21	34	Clays and Clay Minerals	1			1		1		3
2	8	Vadose Zone Journal						2		2
4	16	Advances in Water Resources						1		1
4	8	Environmental Geochemistry and Health					1			1
3	7	Environmental Geology					1			1
17	33	J American Water Works Association		1						1
0	1	J of Contaminant Hydrology							1	1
3	8	J of Hydrology		1						1
0	1	J of Water Supply Research & Technol. AQUA						1		1
2222	5157		34	43	36	46	32	58	71	320

## 4.5.2 Asignación de las revistas a las categorías temáticas

Las revistas indizadas por *WoK* están clasificadas en disciplinas o categorías temáticas. Una revista puede estar adscrita a una única categoría o, por el contrario, puede estar multiasignada, lo que implica que un mismo título puede aparecer en varias categorías.

La asignación de revistas a más de una disciplina<sup>276</sup> permite establecer relaciones entre ellas, y por tanto, entre los documentos que publican y se asocia<sup>277,278</sup> a la interdisciplinariedad, considerando que aquellas revistas multi-asignadas deben ser más interdisciplinares que aquellas otras asignadas a una disciplina.

Autores como Tamayo<sup>279</sup> definen la interdisciplinariedad como el *conjunto de disciplinas conexas entre sí y con relaciones definidas, a fin de que sus actividades no se produzcan en forma aislada, dispersa y fraccionada*.

En el estudio contamos con un total de 4.648 documentos los cuales están publicados en 598 revistas científicas distintas. Estas revistas están encuadradas en 115 categorías temáticas.

Según los datos de este estudio, y siguiendo la clasificación del *JCR* de *WoK*, las revistas aparecieron asignadas entre una y seis categorías. Así, se hallan desde dos títulos, que publican un único documento durante el periodo estudiado, asignados a seis categorías distintas y 274 títulos asignados a una única categoría.

Los dos títulos asignados a seis categorías son *Chemometrics & Intelligent Laboratory Systems* y *Jorunal of Chemometrics* y las categorías son:

---

<sup>276</sup> Grado de interdisciplinariedad de un área por las categorías temáticas en las que se encuadran las revistas en las que publican los resultados de sus investigaciones.

<sup>277</sup> Morillo, F. y col. *Op. Cit*

<sup>278</sup> Sanz Casado, E. y col. (2002). Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en ciencias químicas. *Revista Española de Documentación Científica*. 25, 4.

<sup>279</sup> Tamayo y Tamayo, M. (2004). *Diccionario de la investigación científica*, 2ª ed., México: Limusa, 172 p. [ISBN 978-968-18-6510-8](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(04)70000-0)

- *Automation & Control Systems*
- *Chemistry Analytical*
- *Computer Science, Artificial Intelligence*
- *Instruments & Instrumentation*
- *Mathematics, Interdisciplinary Applications*
- *Statistics & Probability*

El 54,18% de las revistas están multi-asignadas (324 revistas) y lo están a un número de categorías comprendidas entre dos y seis, correspondiéndoles el 56% de la producción estudiada. El 45,82% restante (274 revistas) se encuentran encuadradas en una única categoría (44% de los documentos).

La tabla 4.36 resume los datos referentes a las revistas y documentos que publican en relación a la asignación a una o más categorías. Los datos que muestran, cada una de las filas, se corresponden con los datos referidos a número de categorías a las que están asignadas las revistas, artículos publicados en éstas y las citas recibidas por estos artículos, así como las columnas correspondientes a los porcentajes que representan.

**Tabla 4.36. Distribución del nº de revistas, documentos y citas en relación al número de categorías**

CATEGORIAS	Nº Rev	NDoc	citas'11	citas'08	% Rev	% Doc	% citas'08	% citas'11
UNA	274	2045	27295	12520	45,82	44,00	42,03	41,87
DOS	212	1542	18645	8659	35,45	33,18	29,07	28,60
TRES	80	960	18045	7908	13,38	20,65	26,55	27,68
CUATRO	25	90	1125	570	4,18	1,94	1,91	1,73
CINCO	5	9	67	131	0,84	0,19	0,44	0,10
SEIS	2	2	15	1	0,33	0,04	0,00	0,02
<b>TOTALES</b>	598	4648	65192	29789	100,00	100,00	100,00	100,00

En el momento de la recuperación de los datos, los documentos asignados a una categoría contabilizaban el 42,03% de las citas, mientras que los documentos publicados en revistas multiasignadas acaparaban el 57% de las citas. Las citas recopiladas en 2011 para el primer grupo de documentos ascendió a un 41,87% del total y el segundo grupo de documentos obtiene el 58,13%.

## 4.6 Repercusión de la IQ

En el epígrafe que comienza se analiza los datos obtenidos en relación a la repercusión<sup>280</sup> de los documentos analizados. El indicador por excelencia para el estudio de la repercusión de las revistas científicas y, por ende, de los documentos que han sido publicados en ellas es el archiconocido Factor de Impacto.

El factor de impacto de una revista es un indicador que mide la difusión internacional de los documentos en función de las revistas en que son publicados.

*WoK*, para el cálculo de los FI, utiliza las citas recibidas por los documentos publicados en las revistas que indexa. Si un documento es citado por otros publicados en revistas no indexadas por estas bases de datos, estas citas no son tenidas en cuenta a la hora del cálculo del mencionado FI<sup>281</sup>.

El FI de una revista está en función de las citas recibidas en un año dado a los documentos citables publicados por esa revista en los dos años anteriores. Así, el FI de revistas, por ejemplo, del año 2002 se calcularía según la ecuación siguiente:

$$FI_{2002} = \frac{\text{n}^\circ \text{citas en 2002 a items publicados en 2001 y 2000}}{\text{n}^\circ \text{ items citables publicados en 2001 y 2000}}$$

Se ha de tener en cuenta que el número de citas obtenidas por los documentos publicados en una misma revista es desigual, pero el factor de impacto para éstos está en función del FI de la revista. Por este motivo asignamos el FI de la revista a los distintos documentos pero con la denominación de factor de impacto esperado –FIE-. De esta forma, un trabajo publicado en una revista X recibirá el factor de impacto alcanzado por esa revista en ese año.

El FI de una revista depende del tipo de investigación que recoja y de los hábitos de citación de los investigadores, por lo que existen diferencias en cuanto a las citas que recogen los documentos que publican. No es igual el número de citas que

<sup>280</sup> López Piñero, J. M.; Terrada, M. L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. III, Los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión. *Medicina Clínica*, 98, 142-148, 1992.

<sup>281</sup> Campanario, J.M. El Factor de Impacto. [En línea]. Disponible en: <http://www2.uah.es/otrosweb/jmc> [consulta: enero 2012].



recogen revistas de áreas con un envejecimiento rápido de su literatura, que aquellas otras en que los hábitos de citación son más lentos.

A su vez, se ha de tener en cuenta que los hábitos de citación en las distintas disciplinas son diferentes, por lo que no es conveniente la comparación de los factores de impacto de revistas de distintas categorías<sup>282</sup>.

Por los motivos anteriores el indicador de FI se complementa con otros como, en nuestro caso, el FI medio de los últimos cinco años (FI-5<sub>2007</sub>) o el indicador que indica la posición de esa revista dentro de su categoría temática (Q).

El *JCR* calcula el FI-5 de la siguiente forma:

$$\text{FI-5}_{2007} = (\sum \text{Citas en } \{2007\} \text{ a ítems publicados en } \{2006-2002\}) / (\sum \text{Número de ítems publicados en } \{2006-2002\})$$

Para determinar la posición o cuartil en la que está posicionada una revista dentro de su área temática, el *JCR* ordena el listado de revistas por orden de mayor impacto y se divide la distribución en cuatro partes iguales. Así, aquellas revistas con mayor impacto se situarían en el primer cuartil (Q1).

Si el indicador Q1 nos facilita información de aquellos documentos que están publicados en revistas situadas en el primer 25% de estas revistas de una categoría concreta, complementa y da un valor mayor aquellas revistas que se encuentran en los primeros lugares de un ranking de revistas por FI dentro de una categoría temática. Así, aquellas revistas que están situadas en los tres primeros puestos dentro de una categoría temática son las consideradas los TOP3.

Para los datos de estudio, 4648 documentos publicados en 598 revistas científicas de ámbito internacional, se obtienen por un lado los FI<sup>283</sup> correspondientes a los años 2002 a 2007, ambos incluidos: FI<sub>2002</sub>, citas dadas en este año a los documentos de los dos años anteriores (2000 y 2001; primeros años de estudio); ...

---

<sup>282</sup> Álvarez, P. y Pulgarín, A. (1998). Equating research production in different scientific field. *Information Processing & Management*, 34(4): 465-470.

<sup>283</sup> Se pueden dar distintos casos. El habitual, como es de menester, es que aparezca en el *JCR* y, por tanto tiene FI. Que no aparece en el *JCR*, por tanto no tiene FI lo que podría significar que ese año la revista no estuviese indizada en las bases de datos de ISI. Y, por último, revistas que están recogidas en el *JCR* pero que no contienen FI o tienen 0,00, para algún año determinado.

FI<sub>2007</sub>: citas dadas en este año a los documentos de los dos años anteriores (2005 y 2006; dos últimos años estudiados), y en segundo lugar se obtiene el FI-5.

JCR muestra los valores correspondientes al FI-5 junto a los FI de 2007. Por tanto, para la obtención de los FI medios y los valores correspondientes a las revistas en relación a la posición de la misma, el cuartil en la que se encuentra la revista dentro de la categoría<sup>284</sup>, se extraen los datos correspondientes al año 2007.

En tercer lugar se obtienen los datos correspondientes a aquellas revistas que, dentro de la categoría temática en la que están encuadrados, obtienen una posición relevante, TOP3.

### 4.6.1 Factor de Impacto - Cuartiles

Del total de revistas analizadas para los años propuestos (FI: 2002-2007), se observa que existen revistas que en algún o algunos de los años no tienen factor de impacto. Así, del total de revistas utilizadas por los IQ en este periodo, 598, el 16,89% (101 revistas) no obtienen FI en algún año de los analizados. Éstas se encuentra en su mayor parte (16,55%) en la tercera zona de la distribución de Bradford (revistas ocasionales). Por tanto, la mayor parte de las mencionadas revistas (83,11%) obtienen FI para todos los años analizados.

De las 598 revistas, 72<sup>285</sup> de ellas no han recogido ningún documento de los IQ españoles durante el periodo 2002-2006. De un grupo de 57 revistas, las cuales publican 97 documentos, no se tienen datos referentes al cuartil en la que están posicionadas dentro de su categoría temática.

Para obtener los datos sobre la posición en la que están clasificadas las revistas dentro de una categoría, se parte de los datos correspondientes al FI del año 2006. De esta forma se obtiene, que cerca de dos tercios, 60,87%, de las revistas y el 79,52% de los documentos (producción 2002-2006), están posicionados en los dos primeros cuartiles.

---

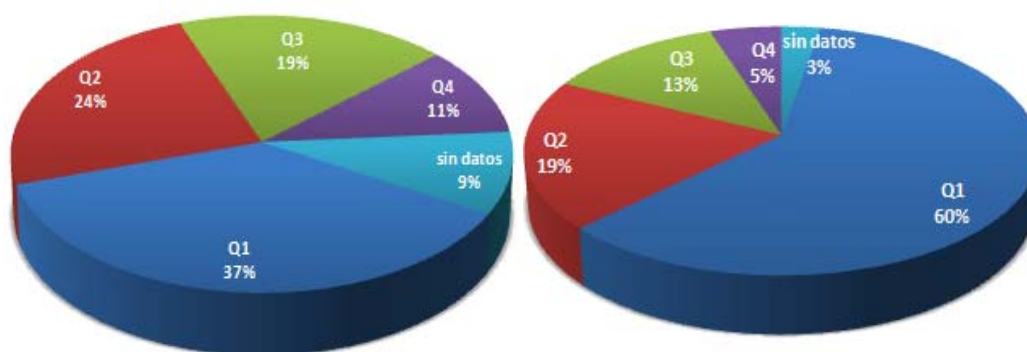
<sup>284</sup> Si la revista estuviese asignada a más de una categoría temática, se coge el dato correspondiente a la categoría en la que esté mejor posicionada.

<sup>285</sup> Revistas cuyo uso es ocasional; publican algún documento durante todo el periodo de tiempo analizado.

La tabla 4.37 y figuras 4.36 y 4.37 muestran la distribución tanto de las revistas como de los documentos de los IQ que publican en relación al cuartil en los que se posicionan.

**Tabla 4.37. Distribución de la producción en cuartiles**

Cuartil	NRev	% Rev	NDoc	% Doc
Q1	220	36,79	2089	59,99
Q2	144	24,08	680	19,53
Q3	114	19,06	439	12,61
Q4	63	10,54	177	5,08
S/datos	57	9,53	97	2,79
<b>Totales</b>	<b>598</b>	<b>100,00</b>	<b>3482</b>	<b>100,00</b>



**Figuras 4.36 y 4.37 Distribución de las revistas y los documentos en cuartiles**

Si distribuimos las revistas por la producción que recogen de los iq, y las analizamos en función de la posición que ocupan dentro de una categoría temática del JCR, obtenemos que, de las 17 revistas más utilizadas por los iq para publicar sus documentos, el 88,24% están posicionadas en los dos primeros cuartiles dentro de las categorías temáticas en las que están encuadradas: 70,59% en Q1 y el 17,65% en el Q2. En los Q3 y Q4 están posicionadas, en cada uno de ellos, el 5,88%.

La tabla siguiente (tab. 4.38) detalla los datos referentes a estas revistas, en relación al FI y la posición ocupada. Estas 17 revistas estaban encuadradas, por la producción, en la primera zona de Bradford.

Tabla 4.38. Posición de la Revista en el JCR de 2006

Nombre de la Revista	FI'06	FI 2007	FI-5	Categoría	a	b	Q
INDUSTRIAL & ENG. CHEMISTRY RESEARCH	1,518	1.749	1.860	ENG, CHEMICAL	114	18	Q1
J L OF CHEMICAL AND ENGINEERING DATA	1,642	1.729	1.775	ENG, CHEMICAL	114	20	Q1
J OF CHEM. TECHNOLOGY AND BIOTECHN.	1,276	1.426	1.423	ENG, CHEMICAL	114	28	Q1
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY		1.240	1.238	WATER RESOURCES	59	19	Q2
DESALINATION	0,917	1.426	1.423	ENG, CHEMICAL	114	51	Q2
AFINIDAD	0,188	0,177	0,191	CHEMISTRY, MULTID.	127	123	Q4
WATER RESEARCH	2,459	3.427	4.029	ENG, ENVIRONMENTAL	37	3	Q1
APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL	3,942	4,651	5,750	ENG, CHEMICAL	114	3	Q1
PROCESS BIOCHEMISTRY	2,008	2,336	2,628	ENG, CHEMICAL	114	8	Q1
CATALYSIS TODAY	2,148	2,764	3,503	ENG, CHEMICAL	114	5	Q1
APPLIED CATALYSIS A-GENERAL	2,630	3,166	3,340	CHEMISTRY, PHYSICAL	110	26	Q1
CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE	1,629	1,775	1,995	ENG. CHEMICAL	114	17	Q1
FLUID PHASE EQUILIBRIA	1,680	1,506	1,621	ENG, CHEMICAL	114	27	Q1
J OF APPLIED POLYMER SCIENCE	1,306	1,008	1,334	POLYMER SCIENCE	74	39	Q3
J OF FOOD ENGINEERING	1,696	1,848	2,322	ENG, CHEMICAL	114	15	Q1
J OF HAZARDOUS MATERIALS	1,855	2,337	2,641	ENG. ENVIRONM.L	37	5	Q1
J OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS	1,412	2,120	2,410	CHEMIST, ANALYTICAL	70	24	Q2

- Número de revistas en la Categoría en 2006
- Posición de la revista en la categoría en 2006
- Cuartil de la revista en la categoría temática en 2006

En el segundo tramo (2ª zona Bradford, línea recta), todos los títulos que lo forman obtienen FI para todos los años analizados con la excepción de la revista española *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, que no tiene FI para los años 2006 y 2007. El 77,97% de las revistas de esta zona están posicionadas en los dos primeros cuartiles dentro de las categorías temáticas en las que están encuadradas: 59,32% en el primero y el 18,64% en el segundo. En los Q3 y Q4 están posicionadas, el 16,95% y 3,39%, respectivamente. De la revista mencionada no se tienen datos del cuartil en el que está posicionado (1,69% del total).

En el tercer tramo (3ª zona Bradford, inflexión de Groos), el número de revistas que no tienen FI para todos los años analizados aumenta en relación a las dos áreas anteriores. De los 522 títulos de esta zona, 102 no tienen FI en todos los años analizados (19,54%). De 56 títulos no se tienen datos sobre el cuartil en el que se posiciona dentro de la categoría temática correspondiente.

El 58,05% de las revistas de esta zona están posicionadas en los dos primeros cuartiles; el 33,14% en el primero y el 24,90% en el segundo. En los cuartiles tercero y cuarto están posicionadas el 19,73% y el 11,49%, respectivamente. No constan datos de la posición de la revista para el 10,3% títulos.

A modo de resumen, en la tabla siguiente (tab. 4.39) se muestran los datos obtenidos y mencionados en párrafos anteriores.

**Tabla 4.39. Posición de las revistas según la distribución de Bradford**

Cuartiles	1ª Zona		2ª Zona		3ª Zona	
	NRev	%	NRev	%	NRev	%
Q1	12	70,59	35	59,32	173	33,14
Q2	3	17,65	11	18,64	130	24,90
Q3	1	5,88	10	16,95	103	19,73
Q4	1	5,88	2	3,39	60	11,49
Sin datos			1	1,69	56	10,73
<b>Totales</b>	<b>17</b>	<b>100,00</b>	<b>59</b>	<b>100,00</b>	<b>522</b>	<b>100,00</b>

### 4.6.2 TOP3

Si ya es difícil para los investigadores publicar los resultados de sus investigaciones, artículos principalmente, en revistas internacionales con FI y bien posicionadas dentro de las categorías a las que están asignadas; bien valoradas por los investigadores y por el resto de la comunidad científica, e indexadas éstas en bases de datos internacionales y de reconocido prestigio, es un reto aún mayor, intentar y conseguir publicar en las revistas consideradas TOP3, esto es, revistas que están posicionadas en los tres primeros lugares del ranking de revistas por FI dentro de cada categoría temática del JCR, en nuestro caso.

Como se ha comentado en el epígrafe anterior, los iq universitarios españoles, publican 2089 artículos y reviews en 220 revistas posicionadas en el primer cuartil, durante los años 2002-2006. Desgranando la posición de la revista, y por tanto, los documentos publicados en las mismas, la figura 4.38 muestra la

distribución del número de revistas y el porcentaje que le corresponde, según el puesto que ocupa la publicación en el ranquin de la categoría a la que está asignada. Así, el eje de ordenadas muestra los intervalos de la posición que ocupan las revistas y el eje principal de abscisas el número de revistas de ese intervalo. En el eje secundario de abscisas se representa el porcentaje de revistas.

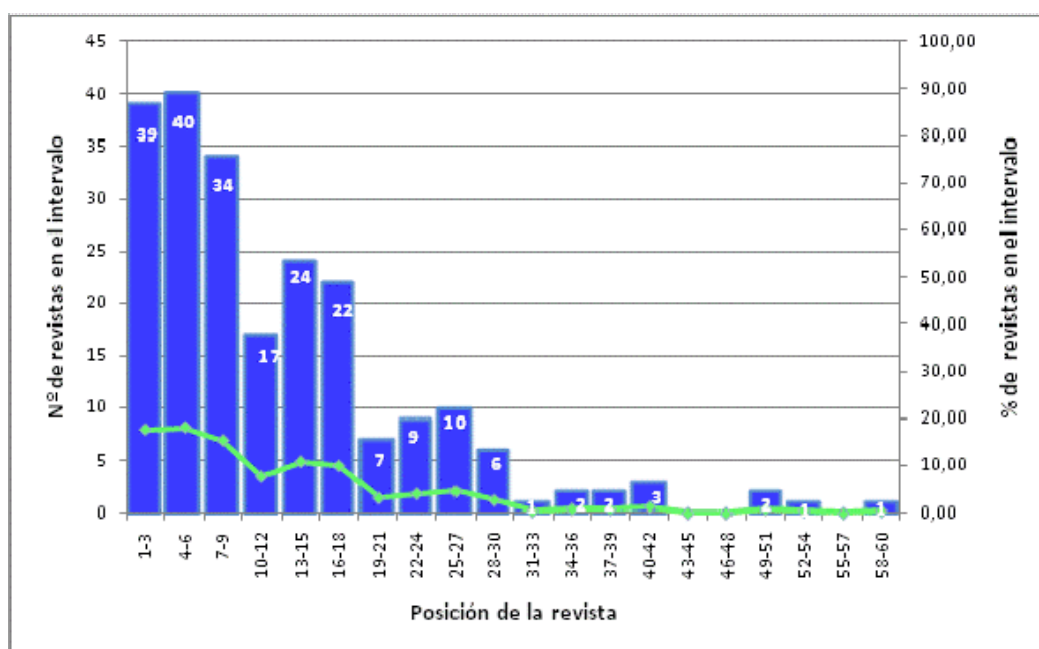


Figura 4.38. Número de revistas y posición de las mismas en Q1

Las 220 revistas están posicionadas en puestos que oscilan entre el primer lugar y el cincuenta y nueve. El 51,36% de las revistas y el 42,36% de los documentos del primer cuartil, están posicionados entre los puestos primero y noveno.

En los tres primeros puestos (TOP3) del primer cuartil hallamos 39 revistas que publican en total 380 documentos significando que el 17,73% de las revistas y el 18,19% de los documentos del primer cuartil son considerados como revistas y documentos *top3*. De este grupo, 9 revistas y 99 documentos están posicionados en el primer puesto de las categorías a la que estén asignados. En el puesto número dos se hallan 14 revistas que publican 79 documentos y en el puesto tercero 16 revistas que publican 202 documentos.

Siguiendo la distribución de revistas en zonas por la productividad, (Bradford), en la primera zona se hallan las revistas *Water Research* y *Applied Catalysis B-Environmental*, están posicionadas en el tercer puesto dentro del primer cuartil de las categorías a las que están asignadas, *Engineering Environmental* y *Engineering Chemical*, respectivamente. Ambas tienen un FI-5 superior a 4 (4,029 y 5,750, respectivamente)

### 4.6.3 Repercusión por categorías temáticas

La tabla siguiente (tab. 4.40) muestra las 20 primeras categorías clasificadas por número de documentos, en orden decreciente, publicados en revistas asignadas a las mismas en el año 2006.

Las distintas columnas dan información relacionada con, el nombre de la categoría (JCR), número de documentos en 2006, porcentaje de documentos, el índice de actividad de la producción correspondiente a los IQ en esa categoría en relación a la producción en la misma por toda España, el factor de impacto medio de la IQ española y de la categoría en el JCR así como el factor de impacto relativo entre ambas.

Índice de Actividad (IA) es el porcentaje de la producción que un centro, institución o área geográfica dedica a un tema determinado, dividido por el porcentaje que ese tema representa en la producción nacional. Un  $IA > 1$  indica una actividad mayor que la media del país en el área, un  $IA < 1$  indica una actividad menor que el promedio, y un  $IA = 1$  para un tema, indica que el esfuerzo investigador del centro, institución o región en el área coincide con la media de nacional.

El cálculo del IA, para los documentos clasificados en una categoría temática concreta en 2006, se calculara de la siguiente forma:  $IA_{2006} =$  al cociente entre el número de documentos publicados en 2006 por los IQ españoles en una categoría determinada partido por el número total de documentos publicados por este colectivo durante el periodo analizado y, el resultado, dividido por el cociente entre el número de documentos publicados en España en el año 2006 clasificados en esa categoría, partido por el total de documentos publicados en España, durante el periodo de estudio, en esa categoría temática.

Tabla 4.40. repercusión de la IQ a través de la CT

Areas, WoS	NDoc 2006	% Doc	IA	FIM IQ	FIM JCR	FIR
Engineering, Chemical	334	22,21	1,0168	1,764	1,239	1,424
Environmental Sciences	132	8,78	0,9564	0,449	1,892	0,238
Chemistry, Physical	129	8,58	0,9579	0,560	2,588	0,216
Engineering, Environmental	100	6,65	0,7573	0,552	2,113	0,261
Polymer Science	93	6,18	1,1701	2,352	2,046	1,150
Biotechnology & Applied Microbiology	78	5,19	0,793	0,610	2,899	0,211
Water Resources	71	4,72	1,1754	0,791	1,210	0,654
Chemistry, Multidisciplinary	66	4,39	0,8807	2,171	3,366	0,645
Food Science & Technology	38	2,53	0,7138	1,558	1,466	1,063
Chemistry, Analytical	35	2,33	0,9777	2,314	2,384	0,970
Chemistry, Applied	34	2,26	0,7058	1,874	1,614	1,161
Materials Science, Multidisciplinary	34	2,26	1,1192	2,047	1,894	1,081
Energy & Fuels	31	2,06	0,7548	1,628	1,241	1,312
Engineering, Civil	30	1,99	1,5277	1,780	0,739	2,408
Biochemistry & Molecular Biology	27	1,80	0,9915	3,044	4,338	0,702
Thermodynamics	21	1,40	0,9892	1,536	1,033	1,487
Electrochemistry	14	0,93	1,0341	2,995	2,409	1,243
Chemistry, Organic	13	0,86	1,8825	3,118	2,564	1,216
Metallurgy & Metallurgical Engineering	13	0,86	1,2619	1,044	0,929	1,124
Agricultural Engineering	10	0,66	0,8396	1,622	1,207	1,344
Biochemical Research Methods	10	0,66	0,9345	3,027	3,196	0,947
Biophysics	9	0,60	1,2157	3,221	3,047	1,057
Materials Science, Ceramics	9	0,60	0,6286	0,887	0,982	0,904
Physics, Applied	8	0,53	1,3203	1,591	1,918	0,830
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	8	0,53	0,7603	2,695	2,378	1,133
Physics, Condensed Matter	8	0,53	1,005	1,355	1,939	0,699
Mechanics	7	0,47	0,9372	1,422	1,172	1,213

Así, hallamos diez categorías con un índice de actividad mayor a la nacional ( $IA > 1$ ); dos categorías obtienen un índice de actividad alrededor de 1 ( $IA = 1$ ) y quince categorías en las cuales el esfuerzo es menor que a nivel nacional.

Se puede observar que en áreas con menor producción durante el año 2006, el esfuerzo es mayor que a nivel nacional, por ejemplo, *Chemistry Organic*, que con 13 documentos publicados en esa categoría en el año 2006 por los IQ (0,86%), obtiene un IA de 1,88; o Engineering Civil que clasifica revistas que publican 30 documentos de los IQ en 2006 (1,99%) y obtiene un IA de 1,53.



Por el contrario, en categorías temáticas más afines a la investigación de la IQ como son *Engineering Chemical*, *Environmental Sciences*, *Chemistry*, *Physical*, *Engineering*, *Environmental*, *Polymer Science*, *Biotechnology & Applied Microbiology* o *Water Resources*, el índice de actividad es ligeramente superior e incluso menor con respecto a España. Por ejemplo en un área específica de la ingeniería química como es *Engineering Chemical*, el  $IA = 1,02$ , igualado al esfuerzo realizado por el resto de los investigadores de España en 2006. Podría significar la interrelación entre ciertas disciplinas, y que no existen campos específicos de un área de la ciencia.

El siguiente indicador de repercusión de la producción dependiendo de su clasificación en las distintas categorías temáticas estudiado ha sido el factor de impacto relativo (FIR). Esto es, el cociente entre el FI medio de la producción de la IQ y de la producción total recogida en las revistas recogidas por el JCR en el año 2006. Así un  $FIR > 1$ , nos indica que el colectivo analizado publica en revistas de mayor FI que el promedio de los documentos del JCR. Un  $FIR < 1$ , significaría lo contrario. El cálculo del factor de impacto relativo para el año 2006, para una categoría determinada, lo muestra la siguiente expresión:

$$FIR_{2006} = FIM_{2006} IQ / FIM_{2006} JCR.$$

Siendo el factor de impacto medio de la producción de los iq en una categoría temática concreta igual al promedio de los factores de impacto de los documentos en función del FI de las revistas en las que están publicados. El cálculo del factor de impacto medio para el año 2006, para una categoría determinada, lo muestra la siguiente expresión:

$$FIM_{2006} = [\sum(FI Rev_{2006} \cdot Ndoc'06)] / Total Doc 2006$$

La producción científica de los IQ en el año 2006, en relación al FIR, obtiene valores superiores en 15 de las 20 categorías analizadas, destacando en *Engineering Civil* que con 30 documentos (1,99% del total de la producción de los IQ en 2006) obtiene un FIR de 2,408. Es superior, por ejemplo, en *Thermodynamics*  $FIR = 1,487$  (21 documentos; 1,4%) y *Engineering, Chemical* (334 doc; 22,21%)  $FIR = 1,424$ .

Con factores de impacto relativos inferiores, hallamos 12 categorías, destacando áreas de investigación prolíficas por parte de la IQ como *Environmental Sciences* (132 documentos; 8,78%), *Chemistry, Physical* (129 documentos; 8,58%), *Engineering, Environmental* (100 documentos; 6,65%) o *Biotechnology & Applied*

*Microbiology* (78 documentos; 5,19%) que obtienen valores un poco superior al 0,2 de FIR. Con datos un poco mejores, pero aún inferior al 1 ( $FIR < 1$ ), hallamos la producción clasificada en la categoría *Water Resources* (71 documentos; 4,72%) con un FIR igual a 0,65.

Al mismo tiempo encontramos la categoría *Polymer Science* con un FIR de 1,5 (93 documentos; 6,18% de la producción total del 2006).

## 4.7 Producción científica por universidades

En este apartado se detalla, en primer lugar, el resumen de los datos más significativos referidos a producción, citas y colaboración de las distintas universidades y/o departamentos con área de IQ., seguido, a grandes rasgos, del análisis de la colaboración nacional e internacional, a través del análisis de redes.

A continuación se analizan los resultados por cada unidad, encuadradas en sus respectivas Comunidades Autónomas. Se analiza la evolución de la productividad, idioma utilizado en las publicaciones, revistas científicas que recogen los documentos y las categorías a las que pertenecen las revistas donde se publicaron los trabajos de IQ.

### 4.7.1 Datos Generales

Para el periodo estudiado (2000-2006) se han recuperado un total de 5.028 documentos correspondientes a la producción generada por los investigadores del área de IQ y recogidas en las bases de datos *WoS*, distribuidos entre los 53 Departamentos estudiados, pertenecientes a las 47 Universidades españolas de 17 Comunidades Autónomas (Anexo X).

La información que resume la tabla está distribuida en seis partes:

1. recoge la información referida a las distintas entidades productoras de los documentos: Comunidad Autónoma, Universidad y Departamento.
2. (años) muestra los datos de producción distribuidos en los distintos años de estudio así como la suma total referida a cada Departamento.
3. (tipo de documento) informa del tipo de documento estudiado: artículo o reviews.
4. (citas) recoge los datos referentes a las citas que reciben los documentos, producidos por cada Dpto. en el periodo estudiado, en el momento de realizar la recuperación de la información en *WoS* (columnas 16-20). Así tenemos los

datos que recogen las columnas 16, 17 y 20, que muestran datos referidos a las citas recibidas, citas una vez eliminadas las autocitas, y *h-index*, información referente a cada conjunto de documentos de cada departamento para ese periodo de tiempo. Las columnas 18 y 19 muestran los datos correspondientes al tanto por ciento de autocitas y al número de “cita media” por documento, respectivamente.

5. El último bloque nos facilita información sobre el idioma en que está redactado el documento.

#### 4.7.1.1 Producción

La tabla siguiente (tab.4.41), muestra las universidades con área de IQ, con una producción igual o superior a 70 documentos.

Si se desgrana los diez primeros puestos de la clasificación, tendríamos que los tres primeros están ocupados por las universidades Politécnica de Cataluña, País Vasco y Rovira i Virgili, con 583, 432 y 303 registros, respectivamente. Les siguen las universidades de Vigo, Santiago de Compostela, Complutense de Madrid, Oviedo, Castilla-La Mancha, con 302, 272, 213, 183 y 163 registros respectivamente. En noveno lugar se encuentra la Universidad de Extremadura con una producción de 154 documentos, seguida de la Universidad de Sevilla que registra 149 documentos.

Todas las universidades relacionadas, tienen en su estructura un departamento con área de IQ, con la excepción de la Universidad del País Vasco que cuenta con tres departamentos y área de IQ cada uno de ellos, la Universidad de Sevilla con dos departamentos y la Politécnica de Madrid con cuatro. Teniendo en cuenta esta circunstancia, la distribución anterior de universidades clasificadas por producción, no variaría significativamente en la relación de las 10 primeras universidades, con la excepción de la Universidad de Sevilla que pasaría a ocupar el puesto número 17 (Dpto. de Ingeniería Química con 103 documentos). De la Universidad del País Vasco entrarían en este grupo dos de sus tres departamentos, Ingeniería Química que pasaría al lugar número siete e Ingeniería Química Ambiental que ocuparía el 10º lugar. El departamento correspondiente a la Universidad de Extremadura seguiría ocupando el noveno lugar.

**Tabla 4.41. Relación de Universidades con producción  $\geq 70$  documentos**

Posición	Universidad	NDoc
1	Polit Cataluña	583
2	País Vasco	432
3	Rovira i Virgili	303
4	Vigo	302
5	Santiago de Comp	272
6	Complutense Madrid	213
7	Oviedo	183
8	Castilla-La Mancha	163
9	Extremadura	154
10	Sevilla	149
11	Zaragoza	141
12	Barcelona	140
13	Alicante	138
14	Autón Barcelona	122
15	Girona	105
16	Polit Valencia	100
17	Valencia	99
18	Rey Juan Carlos	94
19	Granada	93
20	Huelva	88
21	Valladolid	80
22	Almería	79
23	Cádiz	77
24	Polit de Madrid	77
25	Cantabria	73
26	Córdoba	70

#### 4.7.1.2 Citación

Los Anexos XI.a y XI.b, muestran el resumen de los datos de las distintas universidades (anexo XI.a) y de los departamentos (anexo XI.b), referidos a total de documentos, total de citas, evolución de la citación, total de citas promedio de citas por documentos, índice-h y porcentaje de documentos no citados, en los dos momentos de toma de datos.

Las posiciones de las distintas universidades cambian teniendo en cuenta el número de citas recibidas. Por universidades, y teniendo en cuenta las citas recibidas hasta 2007, los primeros puestos no variaron mucho, encontrándonos en los primeros puestos las universidades Politécnica de Cataluña, País Vasco, Rovira i Virgili, Vigo,

Santiago y Complutense y Extremadura, que asciende al séptimo lugar y entran la Universidad de Barcelona y Zaragoza (8º y 9º lugar). Castilla-La Mancha pasa a ocupar el décimo puesto.

Ordenadas las universidades por el índice-h obtenido, tenemos el siguiente orden: País Vasco (23), Politécnica de Cataluña (21) Rovira i Virgili (21) Extremadura (20) Vigo (19) Complutense Madrid (18), y con un índice-h igual a 17 se encuentran Pública de Navarra, Rey Juan Carlos, Santiago de Compostela y Zaragoza. La Universidad de Extremadura pasa al segundo lugar en la clasificación por departamentos debido a que, al desgranarse la Universidad del País Vasco en tres departamentos, éstos pasan a puestos inferiores (el mejor posicionado el Dpto. de Ingeniería Química con un índice-h de 19, que comparte con la Universidad de Vigo).

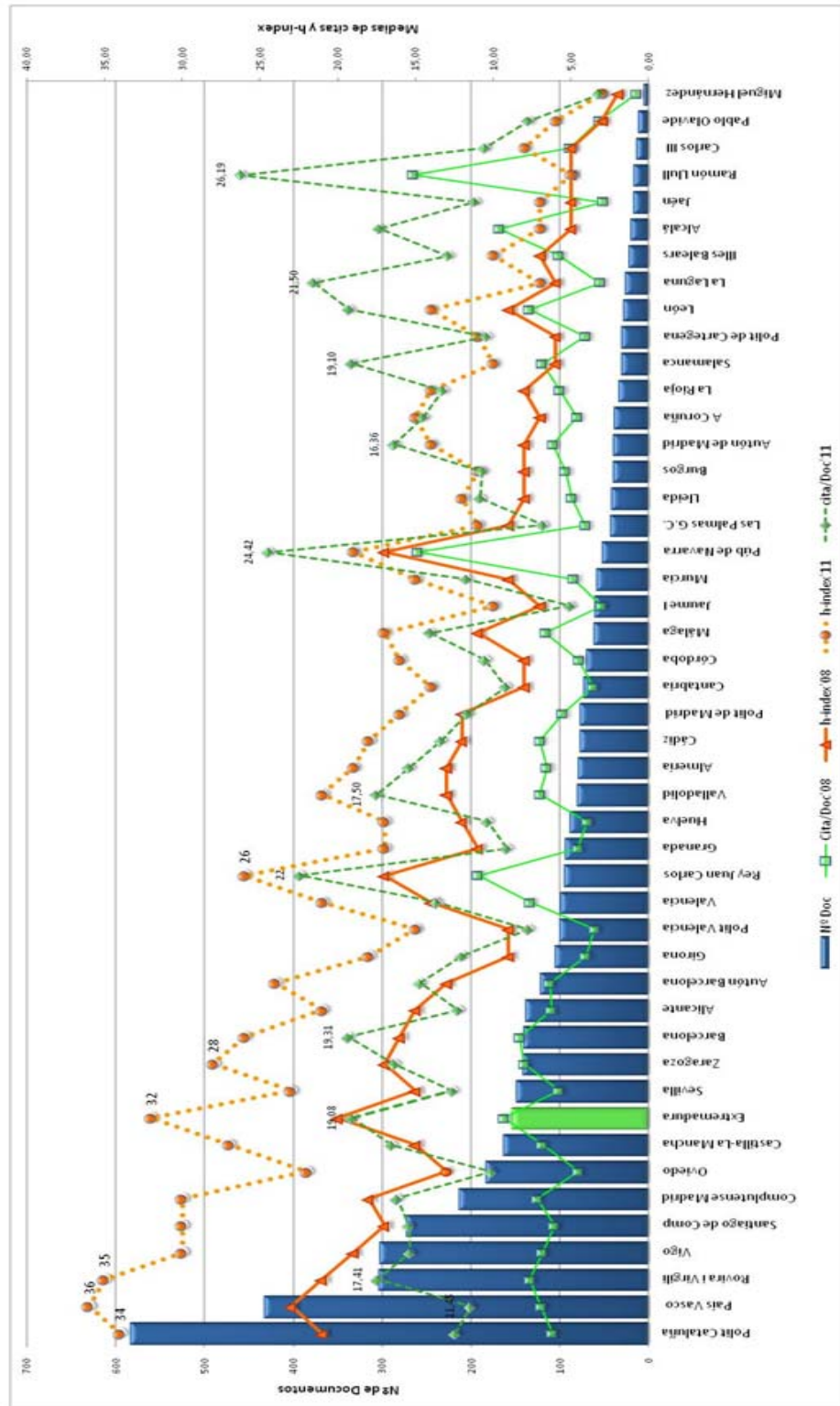
En la segunda toma de datos (citas recibidas hasta 2010), con pocas variaciones en relación a la primera toma de datos, las 10 primeras universidades quedan distribuidas, por número total de cita recibidas hasta esa fecha, de la siguiente forma: Politécnica de Cataluña, Rovira i Virgili (pasa del tercer al segundo puesto), País Vasco (desciende un puesto), Vigo, Santiago y Complutense y Extremadura, Barcelona, Castilla-La Mancha (asciende un puesto) y Zaragoza que pasa a ocupar el décimo puesto. La Universidad Rey Juan Carlos ocupa, en las dos tomas de datos, el puesto número once. Sin embargo, la Universidad Pública de Navarra que, en la primera toma de datos ocupaba el puesto número 16 pasa a ocupar en este momento el 18.

Ordenadas las universidades por el índice-h obtenido por el conjunto de documentos, en este momento tenemos el siguiente orden: País Vasco (36), Rovira i Virgili, que asciende un puesto (35), Politécnica de Cataluña (34) y Extremadura que pasa al tercer puesto en la clasificación por departamentos (32). El 5º puesto lo comparten Complutense Madrid, Santiago de Compostela y Vigo (30). En 6º lugar se halla la Universidad de Zaragoza (28) y le siguen Castilla-La Mancha (27), Barcelona y Rey Juan Carlos (26) y Autónoma de Barcelona (24

Como resumen de estos datos se muestra la figura 4.39

Estas clasificaciones hay que mirarlas únicamente desde el punto de vista de los datos numéricos. Hay que tener en cuenta, a su vez, el promedio de citas por documento o el promedio de documentos no citados, por ejemplo.

Figura 4.39. Distribución de las universidades por producción y citación



### 4.7.1.3 Colaboración vs análisis de redes

A través del análisis de redes es posible identificar la estructura general de la red pudiendo obtener una medida relativa para su posterior comparación con otras redes.

La figura siguiente (fig. 4.40) muestra la representación gráfica de la red de colaboración nacional del área de *ingeniería química* de las universidades españolas<sup>286</sup>, donde los nodos representan las distintas universidades y los enlaces muestran el número de colaboraciones, estando su grosor en función del número de éstas. Las líneas de puntos muestran aquellas colaboraciones menores a 5; la línea discontinua las colaboraciones entre 5 y 10 y las líneas continuas las colaboraciones mayores a 10. Se han incorporado al nodo de cada universidad, como dos atributos de la red, el número de registros analizados y su índice-h, a mayor número de registros analizados mayor es el nodo, y el grosor de su anillo muestra el Índice-H alcanzado por la universidad en los registros analizados (índice-h, primera toma de datos).

Se obtienen 3 componentes o subgrafos en los cuales es posible encontrar un camino entre cualquiera de los nodos, uno de ellos con 50 nodos representando un porcentaje de la red del 96,2%; y los otros dos formados cada uno de ellos por un único nodo aislado, la Universidad de León (ULE) y la Universidad de Cartagena (UCAR) con un porcentaje del 1,9% cada uno.

---

<sup>286</sup> Escalona Fernández, M.I y col.(2010). Red social de colaboración de las universidades españolas con investigación en Ingeniería Química. *Investigación Bibliotecológica*, vol.. 24, Núm. 51, mayo/agosto, México, ISSN: 0187-358X. pp. 173-194



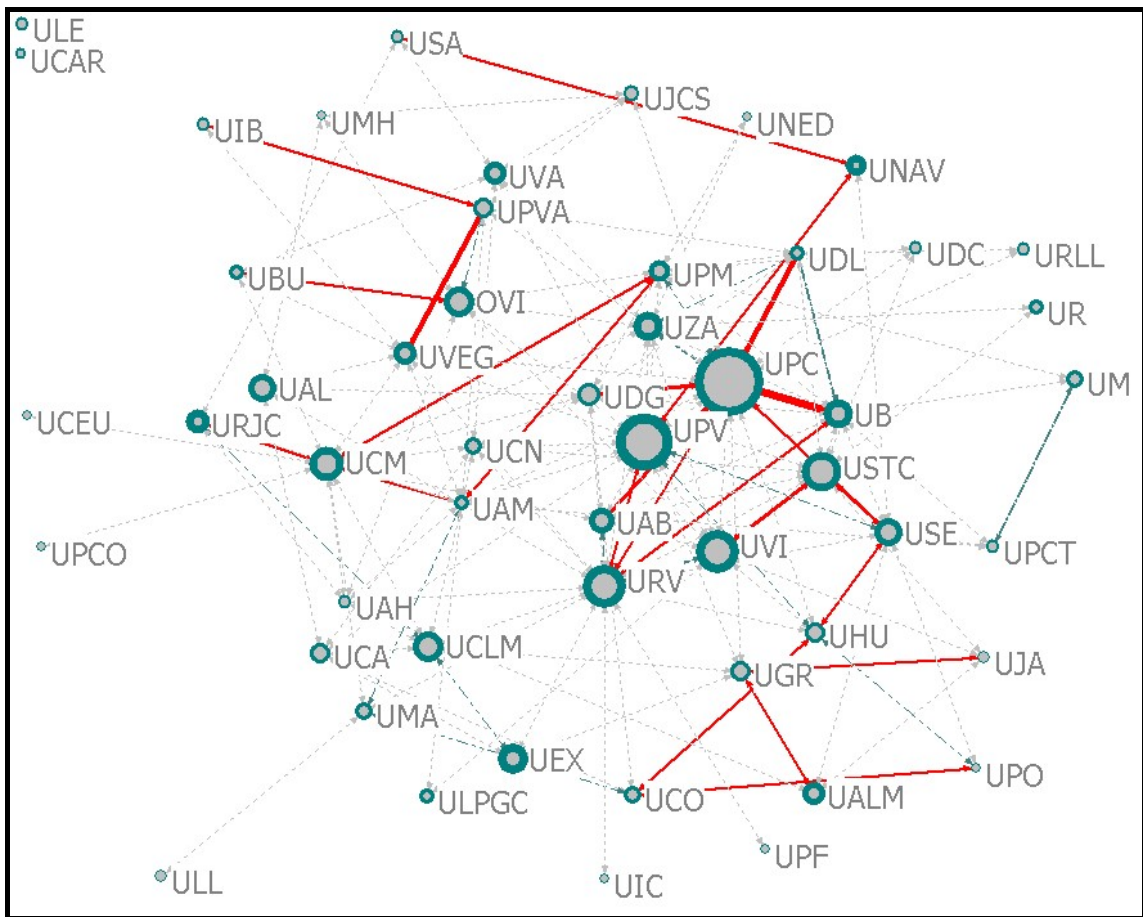
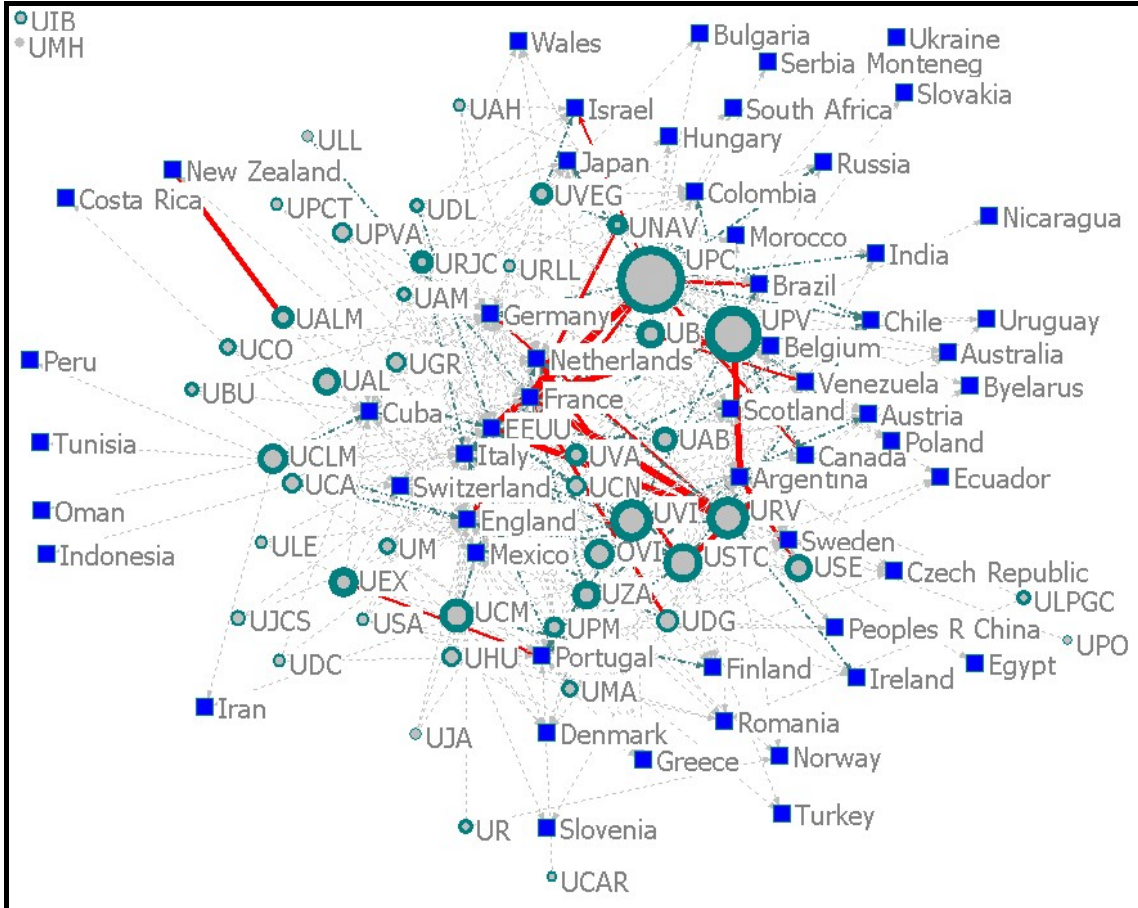


Figura 4.40. Red de colaboración nacional en *Ingeniería Química*.

Prácticamente todas las universidades, directa o indirectamente, se encuentran relacionadas. Los resultados muestran a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) con una posición privilegiada para controlar y difundir la información al resto de universidades. La Universidad Rovira y Virgili (URV) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM) se muestran como universidades puente entre otras que nunca han colaborado entre sí. La metodología pone de manifiesto, además, la importancia de estar bien relacionado; prueba de ello, son las posiciones alcanzadas por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Universidad de Zaragoza (UZA), que aunque el número de colaboraciones no es muy alto, están muy bien relacionadas gracias a sus colaboraciones con la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la UPV (Universidad del País Vasco).

La figura siguiente (fig. 4.41) muestra la representación gráfica de la Red de Colaboración internacional de las universidades españolas. Todas ellas colaboran a

nivel internacional con la excepción de la Universidad de Illes Balears (UIB) y la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), ambas universidades se muestran como nodos sueltos dentro de la red.



**Figura 4.41. Red de colaboración internacional en *Ingeniería Química* de las universidades españolas**

La colaboración en este caso es sólo en una dirección, puesto que se analiza la colaboración española con el exterior, de ahí que los enlaces entre los nodos vayan en un único sentido<sup>287</sup>. Los nodos representan las distintas universidades y países; y los enlaces el número de colaboraciones, estando su grosor en función del número de éstas. Al igual que en la colaboración nacional las líneas de puntos muestran aquellas colaboraciones menores a 5; la línea discontinua las colaboraciones entre 5 y 10 y las líneas continuas las colaboraciones mayores a 10. Se han incorporado al nodo de

<sup>287</sup> Borgatti, S.P.; Everett, M.G. (1997). Network analysis of 2-mode data. *Social Networks*, v.19, p. 243-269.

cada universidad el número de registros analizados y su índice-h alcanzado, como dos atributos, a mayor número de registros analizados el nodo es más grande, y el grosor de su anillo está en función del Índice-h obtenido por la universidad en los registros analizados.

Se obtiene una red con 3 componentes, 2 de ellos formados por una única universidad o nodo aislado, la Universidad de Illes Balears (UIB) y la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH). Las diez universidades con mayor grado nodal son, la Politécnica de Cataluña, Rovira i Virgili, País Vasco, Oviedo, Autónoma de Barcelona, Barcelona, Vigo, Zaragoza y Castilla-La Mancha.

Los 10 países que alcanzan mayor grado nodal son: Inglaterra, Alemania, Francia, Estados Unidos, Italia, Portugal, Países Bajos, México, Argentina y Cuba.

En este aspecto, destaca la Universidad de Extremadura (UEX) con un índice-h de 20 (ocupando la posición cuarta), sin embargo esta universidad no destaca en términos de centralidad y además no pertenece a ninguno de los 21 grupos de colaboración detectados dentro de la red. Este dato, pone de manifiesto la importancia de este estudio como herramienta propiciadora para gestionar e incitar la colaboración científica entre universidades, así como detectar posibles fortalezas y debilidades de los grupos de investigación.

En el Anexo XII se muestran, por orden alfabético, las universidades y/o departamento, con respecto a los datos globales de la colaboración.

**NRC:** N° de registros en colaboración

**NRnC:** N° de registros sin colaboración

**1:** Colaboración Nacional

**2:** colaboración internacional

**3:** n° de colaboraciones con otras áreas de la propia universidad

## 4.7.2 Andalucía

En la CCAA andaluza existían 10 universidades, todas ellas de titularidad pública, de las que nueve tienen en su estructura un área de ingeniería química, a excepción de la de Sevilla que tiene dos departamentos con esta área (tabla 4.42).

**Tabla 4.42. Producción científica de las universidades de Andalucía**

Universidad	Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-Ind	Cit'11	Cit/doc	h-Ind	Ing	Esp	Otr
Almería	14	9	4	17	10	12	13	79	77	2	515	6,52	13	1217	15,40	19	78	1	0
Cádiz	5	15	13	10	9	14	11	77	75	2	538	6,99	12	1028	13,35	18	77	0	0
Córdoba	11	6	9	11	12	13	8	70	69	1	314	4,49	8	736	10,51	16	61	7	2
Granada	12	10	11	9	13	14	24	93	91	2	422	4,43	11	849	9,13	17	78	14	1
Huelva	8	12	17	11	14	13	13	88	87	1	348	5,55	12	913	10,38	17	81	7	0
Jaén	6	1	2	0	3	4	1	17	17	0	50	2,94	5	190	11,18	7	14	3	0
Málaga	5	7	4	5	12	13	15	61	61	0	404	6,62	11	857	14,05	17	60	0	1
Pablo de Olavide	0	0	1	2	1	2	5	11	10	1	35	3,18	3	85	7,73	6	8	3	0
Sevilla	13	20	25	23	19	29	20	149	146	3	859	5,77	15	1881	12,70	23	141	8	0

Se puede observar, en tabla 4.42 y en la figura 4.42 que, tanto en número de documentos como en citas recibidas, la Universidad de Sevilla ocupa el primer lugar entre las de su CCAA. Hay que decir que tal producción corresponde a los dos departamentos con que cuenta. En relación a número de documentos se encuentra, en segundo lugar, la Universidad de Granada con 93 documentos, seguida de la Universidad de Huelva con 88 documentos, Almería (79), Cádiz (77), Córdoba (70) y Málaga con 61 documentos. En los últimos puestos hallamos a las Universidades de Jaén y Pablo de Olavide con 17 y 11 documentos, respectivamente. Sin embargo en número de citas se coloca en segundo lugar Cádiz a la que le siguen Almería, Granada, Málaga, Huelva y Córdoba, respectivamente. Con respecto a Jaén y Pablo de Olavide ocupan posiciones idénticas que al número de documentos.

A nivel nacional en cuanto a número de documentos producidos en el periodo estudiado, la primera universidad de Andalucía es Sevilla ocupando la posición nº 10. Las Universidades de Granada, Huelva Almería, Cádiz, Córdoba y Málaga ocupan los puestos 19, 20, 22, 23, 26 y 27 respectivamente. La Universidad Pablo de Olavide ocupa el penúltimo puesto (nº 46).

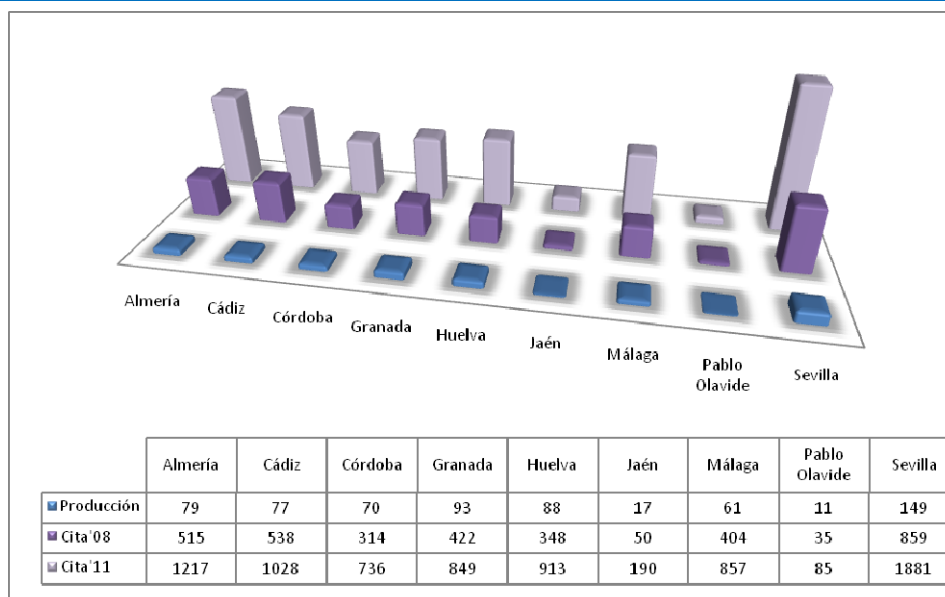


Figura 4.42 Producción científica de las universidades de Andalucía

#### 4.7.2.1. Universidad de Almería

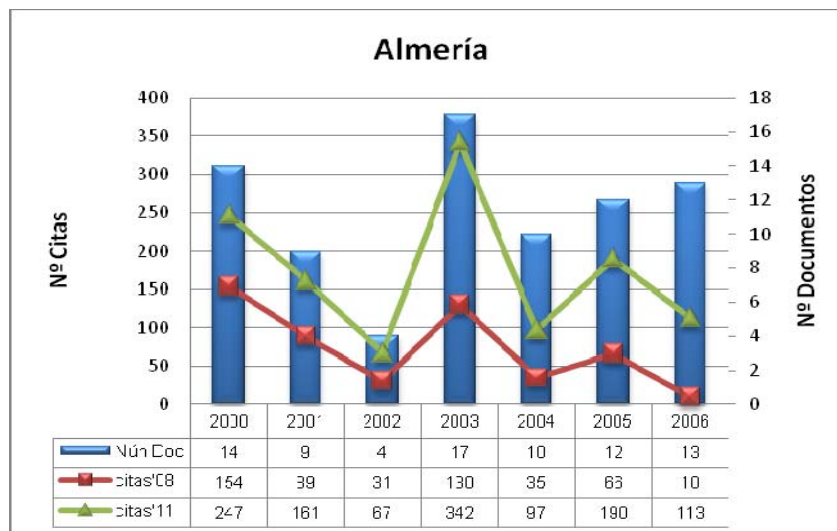
El Departamento *Ingeniería Química*<sup>288</sup> de la Universidad de Almería estaba formado por dos áreas de conocimiento, la de IQ y la de Tecnología de Alimentos. Está presente en dos Centros, la Escuela Politécnica Superior y la Facultad de Ciencias Experimentales, sede principal del Departamento y donde se imparte la titulación.

El número de documentos publicados por el área de Ingeniería Química durante el periodo de estudio asciende a 79 documentos, con una producción media de  $11,29 \pm 3,10$  documentos por año.

Presenta una evolución irregular (con tendencia de crecimiento positiva) durante los cuatro primeros años (fig. 4.43), observándose un decrecimiento en los tres primeros, pasando de 14 registros en 2000 hasta un mínimo de 4 documentos en el año 2002 para alcanzar en el 2003 una producción muy superior a la media,

<sup>288</sup> Universidad de Almería. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://cms.ual.es/UAL/universidad/departamentos/ingenieriaquimica/index.htm> [última visita: enero 2012]. A partir del curso 2008-2009 el Departamento está compuesto únicamente por personal del área de Ingeniería Química. El área de Tecnología de Alimentos pasó a formar parte del Departamento de Ingeniería Rural.

estabilizándose la evolución a lo largo de los últimos tres años (2004-2006) donde crece de forma paulatina.



**Figura 4.43 Producción científica y citas recibidas de la Universidad de Almería**

La figura anterior (fig. 4.43) muestra, además, la evolución anual del número de citas recibidas registradas. Hasta 2007 asciende a un total de 515, siendo la media de citas por documento de 6,52 y un índice-h de 13. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 1217, con una media de 15,41 de citas por documentos. El incremento de citas supone el 136,31%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con los publicados en el año 2000 y 2003, respectivamente. El índice-h que le corresponde a estos documentos es de 19.

El tipo de documento más utilizado como vía de presentación de los resultados es el artículo científico alcanzando el 97,5%, siendo el 2,5% restante del tipo review. El idioma predominante en la publicación es el inglés. Únicamente un documento ha sido publicado en el idioma español.

Los 79 documentos están publicados de 37 revistas científicas, encuadradas en 20 categorías ISI distintas. El 24% de los documentos están publicados en tres títulos, *Biotechnology and Bioengineering* con siete documentos publicados (8,86% de la producción), *Enzyme and Microbial Technology* y *Journal of Biotechnology* con seis documentos cada una (7,59%). En cuarto lugar se encuentra *Journal of Applied Physiology* con cinco documentos (6,33%). Los cuatro títulos acaparan el 30,38% del total de la producción.



Para alcanzar el 50% (49,37%) de la producción se necesitan ocho títulos del total. El 76% de los documentos están concentrados en 18 títulos, necesitándose 19 revistas más para alcanzar el 24% restante. La cola de revistas que publican un único documento la componen 21 títulos, el 26,58% del total de la producción.

La figura 4.44 muestra las categorías temáticas con mayor número de ocurrencias y que son: *Biotechnology & Applied Microbiology* (35%), *Chemical Engineering* (20%), *Food Science & Technology* (9%) y *Applied Chemistry* (7%).

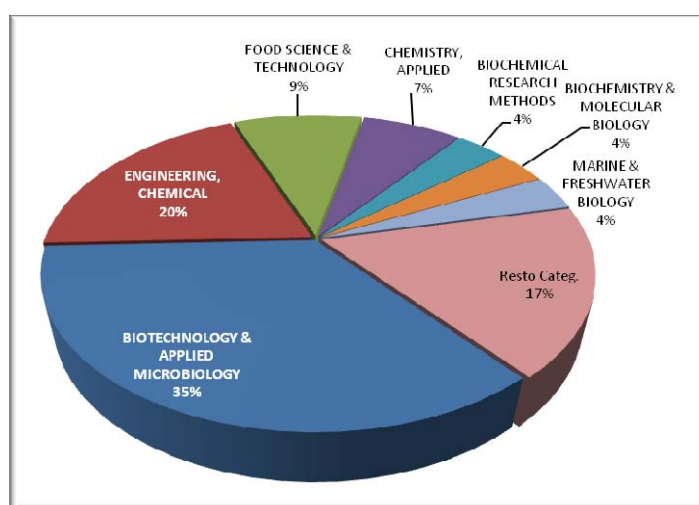


Figura 4.44 Categorías temáticas de la Universidad de Almería

El número medio de autores firmantes es de 5,23 autores por trabajo, siendo la tasa de coautoría del 100%.

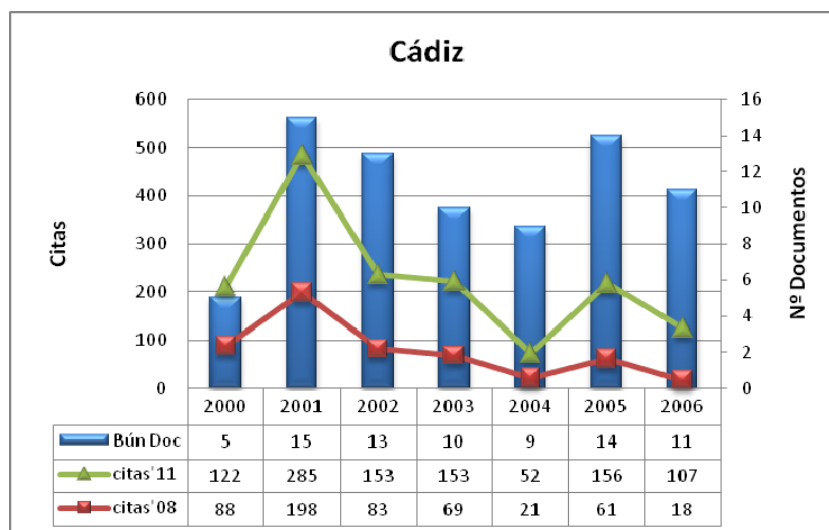
El 68,35% de los documentos estudiados de los iq almerienses (79) están escritos en colaboración. Se encuentran 29 colaboraciones con instituciones internacionales, 26 colaboraciones con nacionales y 8 colaboraciones con distintas áreas de su propia universidad.

Destacar que el mayor número de colaboraciones internacionales lo tiene con Nueva Zelanda (Universidad de Massey, 21 col.) y a nivel nacional las 13 colaboraciones con la Universidad de Granada, 12 de ellas con el Dpto. de Ingeniería Química.

### 4.7.2.2 Universidad de Cádiz

El Departamento de *Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente* tiene su origen en la creación del departamento de Química Técnica en la Facultad de Ciencias de Cádiz, adscrita a la Universidad de Sevilla, que se mantiene hasta 1979 fecha en la que se crea la Universidad de Cádiz. En el año 1980 se traslada al centro en que tiene su sede central ubicada en la Facultad de Ciencias del Campus de Puerto Real. En 1987 se crea el área de Ingeniería Química<sup>289</sup>. Al Departamento están adscritas cuatro áreas de conocimiento: Ingeniería Química, Producción Vegetal, Tecnología de Alimentos y Tecnología del Medio Ambiente. Imparte el título de Ingeniero Químico y docencia, además, en la Facultad de Ciencias del Mar (Puerto Real, Cádiz) y en la Escuela Politécnica Superior (Algeciras, Cádiz).

El número de documentos publicados por el área de Ingeniería Química durante el periodo de estudio asciende a 77 documentos, con una producción media de  $11 \pm 2,57$  documentos por año. La figura 4.45 muestra la evolución de la producción científica y las citas recibidas a los documentos del área de IQ de éste Dpto. de la Universidad de Cádiz.



**Figura 4.45 Evolución de la producción científica y citas recibidas de la Universidad de Cádiz**

<sup>289</sup> Universidad de Cádiz. Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente. [En línea]. Disponible en: [http://www2.uca.es/dept/ing\\_quimica/presentacion/historia.html](http://www2.uca.es/dept/ing_quimica/presentacion/historia.html). [consulta: enero 2012].



Se observa el aumento producido durante el año 2001 en relación al año anterior (10 docs.) y la tendencia negativa a lo largo de los tres años siguientes, para crecer y decrecer en los dos últimos años de estudio.

El número de citas recibidas hasta 2007 asciende a 538, siendo la media de citas por documento de 6,99 y un índice-h de 13. El número de citas recibidas hasta 2010 asciende a 1028 (13,35 citas/documentos) lo que supone un incremento del 91,08%. El índice-h en este momento es de 18. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2001.

El artículo científico es la tipología documental más utilizado alcanzando el 97,4%, siendo el 2,6% restante del tipo review, en cuanto al idioma, todos los documentos están escritos en inglés.

El conjunto de documentos están publicados en 38 revistas distintas, encuadradas en 21 categorías temáticas. El 23,38% de los documentos están publicados en tres títulos, *Process Biochemistry*, *Journal of Supercritical Fluids* y *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. Para alcanzar el 50% (50,65%) de la producción se necesitan nueve revistas, 19 títulos distintos para alcanzar el 75% (75,32) y otros 19 títulos para el 25% restante (24,68%).

La figura 4.46 muestra las categorías temáticas con mayor número de ocurrencias que son: *Chemical Engineering* (30,61%), *Biotechnology & Applied Microbiology* (16,33%), *Food Science & Technology* (8,84%) y *Environmental Sciences* (6,80%).

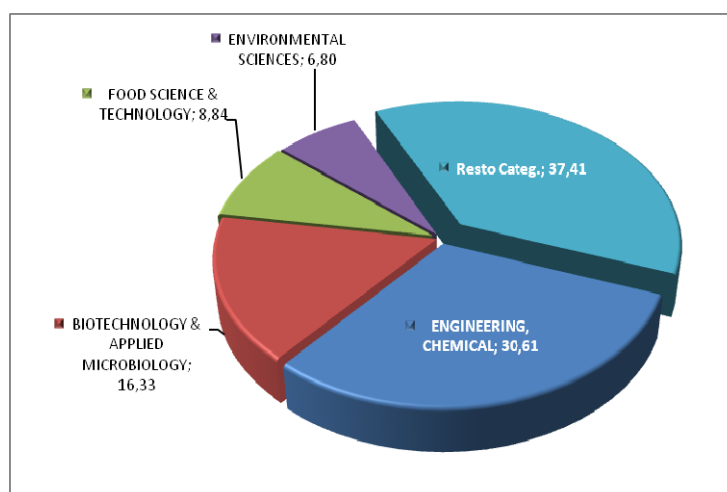


Figura 4.46 Categorías temáticas de la Universidad de Cádiz

El número medio de autores firmantes está en 3,25 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 100%.

De los 77 los documentos estudiados de los iq de la Universidad de Cádiz, el 25,97% (20) están escritos en colaboración. Se encuentran 3 colaboraciones con instituciones internacionales, 13 colaboraciones nacionales y 3 colaboraciones con distintas áreas de su propia universidad.

A nivel internacional, el mayor número de colaboraciones las realiza con Reino Unido con quien publica cinco documentos y con Suiza dos documentos. El resto de colaboraciones las mantiene con Cuba, Francia, Indonesia, Italia, Portugal y USA con una colaboración con cada uno de ellos. De las 7 colaboraciones nacionales, 4 son con instituciones no universitarias (CSIC, 2; empresa, 1; Servicios Autonómicos, 1) y las tres restantes son colaboraciones con otras áreas de IQ de las universidades de Córdoba, Castilla-La Mancha y Extremadura.

#### 4.7.2.3 Universidad de Córdoba

El Departamento de *Química Inorgánica e Ingeniería Química* de la Universidad de Córdoba se constituyó a partir de las Cátedras de Química Inorgánica e Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de dicha Universidad. Está formado por las Áreas de Conocimiento de Ingeniería Química y Química Inorgánica teniendo su sede en la Facultad de Ciencias<sup>290</sup>.

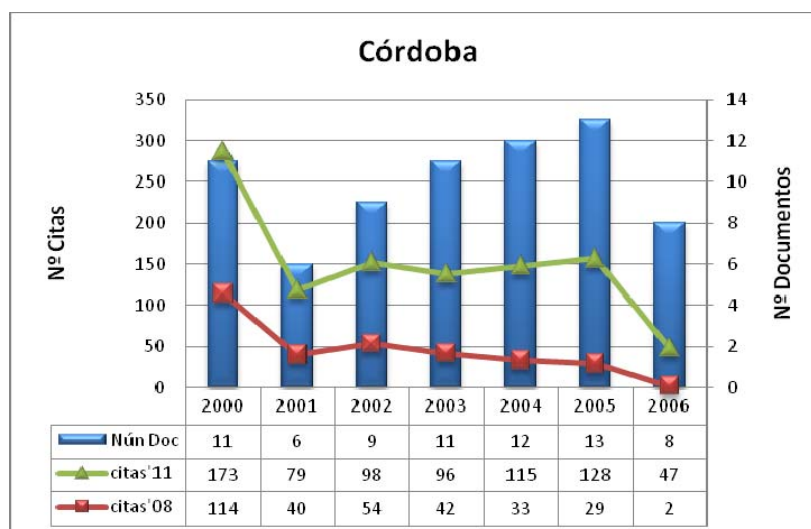
El número de documentos publicados por los investigadores el área de Ingeniería Química de la UCO durante el periodo de estudio asciende a 70 documentos. La producción media de documentos por año es de  $10 \pm 2$ .

La figura 4.47 muestra la evolución anual tanto de la producción del área de IQ de esta universidad así como de las citas recibidas.

---

<sup>290</sup> Universidad de Córdoba. Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.uco.es/organiza/departamentos/quimica-inorganica-ingenieria/> [ consulta: enero 2012].

Se observa un crecimiento constante en el periodo 2001-2005, pasando de 6 documentos a 13. Los años extremos presentan picos: el año 2000 con 11 documentos y el año 2006 con 8 documentos.



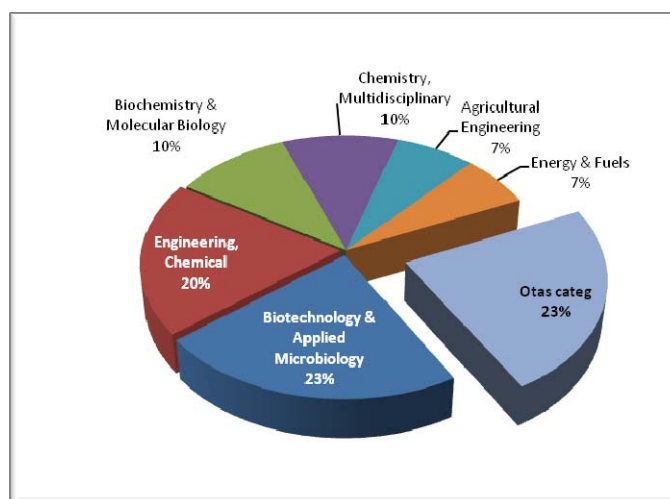
**Figura 4.47 Evolución de la producción científica y citación de la Universidad de Córdoba**

Hasta 2007 el total de citas recibidas asciende a 314 (4,49 citas/documentos; índice-h=8) y las obtenidas hasta 2010 son de 736, (10,51 citas/documentos; índice-h=16) lo que supone un incremento de 134,39%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con el año 2000 en el primer caso, y los correspondientes a 2005 en el segundo.

El artículo científico alcanza el 98,57% de la producción total, publicando durante este periodo un único review. El inglés, como es habitual, es el idioma predominante alcanzando el 87,57% del total. Otros idiomas utilizados en la redacción de los documentos son el español y el francés con siete y dos documentos respectivamente.

El conjunto de documentos están publicados en 23 títulos de revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 19 categorías temáticas. El 52,86% de los documentos están concentrados en tres títulos, *Process Biochemistry* (33,86%), la publicación española *Afinidad* (15,71%) y *Bioresource Technology* (14,29%). Para alcanzar el 75% (75,71%) de la producción se necesitan nueve revistas, 14 títulos para alcanzar el 25% restante (24,29%)

La figura 4.48 muestra las categorías temáticas con mayor número de ocurrencias que son: *Biotechnology & Applied Microbiology* (23%), *Chemical Engineering* (20%), *Biochemistry & Molecular Biology* (10%), *Chemistry, Multidisciplinary* (10%), *Agricultural Engineering* (7%), *Energy & Fuels* (7%).



**Figura 4.48. Categorías temáticas de la Universidad de Córdoba**

El número medio de autores firmantes está en 4,93 autores por trabajo, siendo la tasa de coautoría del 100%.

El 80% de los documentos están elaborados en colaboración. De los 56 documentos colaborados, se hallan 67 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 7 internacionales y 1 intrauniversitaria. A nivel internacional los investigadores iq de la UCO mantienen colaboración con 5 países distintos, destacando las 2 colaboraciones con Cuba y con Alemania y 1 colaboración con Costa Rica, Italia y Suiza.

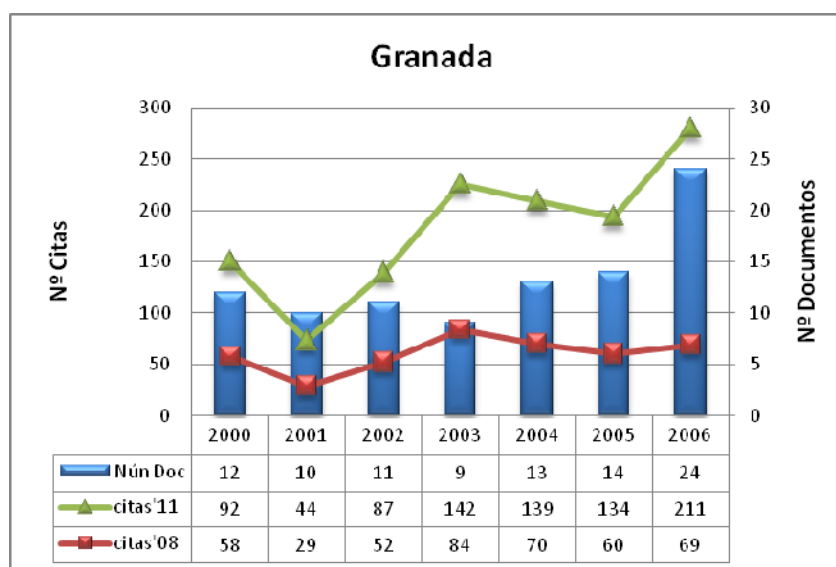
Las colaboraciones nacionales (67) están repartidas entre las 35 con otras universidades y 32 con instituciones no universitarias, siendo 28 con el CSIC y 4 con otros centros de investigación. Las 35 colaboraciones restantes están realizadas con otras universidades, la mayoría de ellas de su propia CCAA. Así, 32 son con Pablo de Olavide y Huelva, con las que mantiene 16 colaboraciones con cada una de ellas y una con la Universidad de Cádiz. Con la Universidad de Girona colabora en dos ocasiones. De las 16 colaboraciones con Pablo de Olavide, 8 son con investigadores del área de IQ. Del resto de Universidades las colaboraciones son mantenidas con el área de IQ de cada una de ellas.

#### 4.7.2.4 Universidad de Granada

El Departamento *Ingeniería Química*<sup>291</sup>, de la Universidad de Granada está formado por únicamente por el área de conocimiento de Ingeniería Química. Impartía la titulación de IQ y estaba presente en dos Centros, la Facultad de Ciencias, sede principal, y en la Facultad de Farmacia.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la UGR durante el periodo de estudio asciende a 93 documentos, con una producción media de  $13,3 \pm 3,27$  documentos por año.

La figura 4.49 muestra la distribución del número de documentos por año donde se observa una evolución más o menos constante exceptuando el descenso del año 2003 (9 documentos) y el salto producido en el transcurso del año 2006 con 24 documentos, donde la producción casi duplica el resto de los años.



**Figura 4.49. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Granada**

Del mismo modo, a figura anterior (fig. 4.49) refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 422, siendo la media de citas por documento de 4,54 y un índice-h de 11.

<sup>291</sup> Universidad de Granada. Departamento de Ingeniería Química. Disponible en: <http://wdb.ugr.es/~iquimica/> [consulta: enero 2012]

Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 849, siendo la media de citas por documento de 9,13 y un índice-h de 17. El incremento en número de citas fue de 101,18%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2006 para las citas recogidas en 2011 y 2003 para las recogidas en 2008.

El artículo científico es como tipología documental el más utilizado alcanzando el 98% y publicando durante el periodo estudiado 2 reviews. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos, como es habitual, es el inglés alcanzado el 84%, destacando que los iq granadinos utilizan el idioma español en la redacción de catorce documentos (15%) (viene dado porque la revista más utilizada es *Afinidad*) y un documento que está redactado en francés.

En relación a la publicación elegida para recoger los distintos trabajos, cabe destacar la gran dispersión de los documentos en un total de 46 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 26 categorías temáticas.

El mayor número de documentos los recoge la revista, *Afinidad* que acapara el 18,28% de la producción (17 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Chemical Engineering Science*, que publica el 6,45% de la producción, los dos títulos suman el 24,73% del total. La tercera y cuarta revistas, con el 5,38% cada una, son los títulos *Enzime and Microbial Technology* y *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. Ocho títulos recogen el 48,39% de los documentos generados por los iq de Granada y el 51,61% restante están repartidos en 38 títulos distintos. Destaca, en cuanto a títulos de revistas utilizadas, aparte del alto uso de *Afinidad*, la producción recogida por la revista *Scientometrics* indizada en las bases de datos SSCI de Thomson Reuter, con tres documentos (3,23% de la producción y en el puesto 8).

El 26% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática (fig.4.50) *Biotechnology & Applied Microbiology*, seguida de las categorías *Chemical Engineering* y *Biochemistry & Molecular Biology* que recogen revistas que publican, cada una de ellas el 16% de la producción generada por estos investigadores.

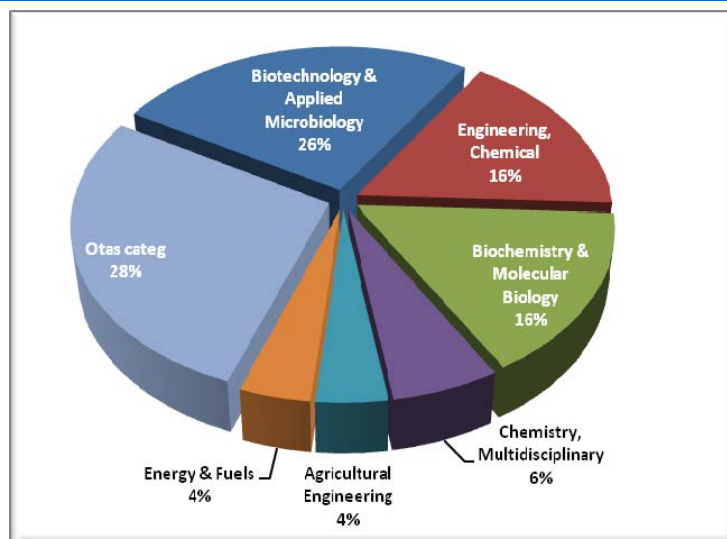


Figura 4.50. Categorías temáticas de la Universidad de Granada

La media de autores que firman los documentos (Ic) está en 4,56 con una tasa de coautoría del 100%.

De los 93 documentos hallados para los iq de la Universidad de Granada, el 50,54% de ellos son documentos en colaboración con otras instituciones, hallándose 43 colaboraciones nacionales, 19 internacionales y ocho intrauniversitaria.

A nivel internacional los investigadores iq de la UGR mantienen 19 colaboraciones con 10 países distintos: 4 con Reino Unido, 3 con Francia, 2 con Alemania, Japón, Méjico y Nueva Zelanda. Con una colaboración encontramos a Colombia, Dinamarca, Marruecos y Suecia.

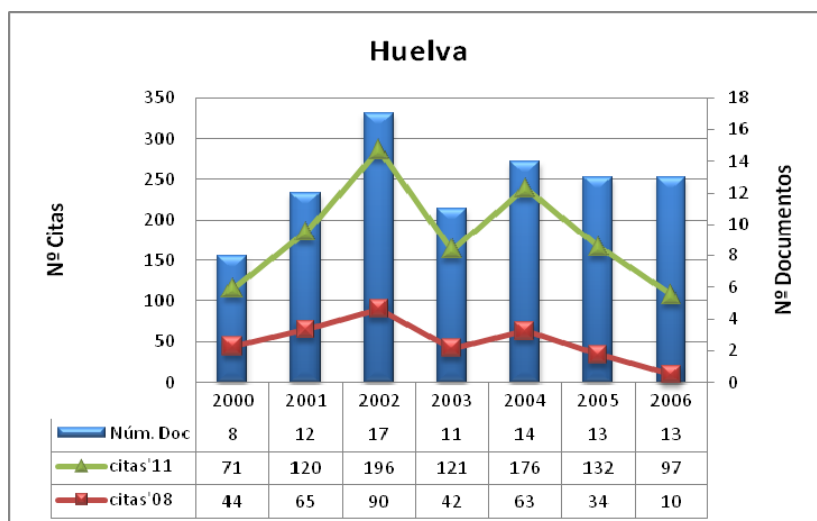
Las colaboraciones nacionales (43) están repartidas entre las 30 con otras universidades y 13 con otras instituciones ajenas a la universidad. En relación a estas últimas, mantiene siete colaboraciones con distintos centros de investigación y seis con empresas y hospitales (tres con cada grupo). Con la universidad que más colabora es con la Universidad de Jaén con 16 colaboraciones de las cuales 15 son con el área de iq de esta universidad. Con la Universidad de Almería colabora en 12 ocasiones y, todas ellas son con el área de IQ de esta universidad. Con las Universidades de Castilla-La Mancha y con el País Vasco mantiene una colaboración, con cada uno de ellas, ambas colaboraciones son con investigadores del área de IQ de sus respectivas universidades.

### 4.7.2.5 Universidad de Huelva

La Universidad de Huelva contiene en su estructura al Área de Conocimiento de Ingeniería Química<sup>292</sup> que, junto a las áreas de Química Física y Química Orgánica, forman el *Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica*. Está presente en dos Centros, la Facultad de Ciencias Experimentales, sede principal, y en la Escuela Politécnica Superior, donde se impartía la titulación de IQ.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Huelva durante el periodo de estudio asciende a 88 documentos, con una producción media de 12,57 documentos por año y una desviación media de 1,92 documento año.

La figura 4.51 muestra la distribución del número de documentos y la evolución anual de la citación. Se observa una distribución irregular a lo largo de los años estudios. Durante los tres primeros años, la producción crece de forma regular pasando de 8 documentos en el 2000 a 17 en el año 2002. Como en la mayoría de las universidades se observa un descenso de documentos en el año 2003, aumentando en el siguiente año y estabilizándose en los dos últimos en 13 documentos.



**Figura 4.51. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Huelva**

<sup>292</sup> Universidad de Huelva. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica. [En línea]. Disponible en: <http://www.uhu.es/departamentos/diqqfgo.htm> [consulta: enero 2012]



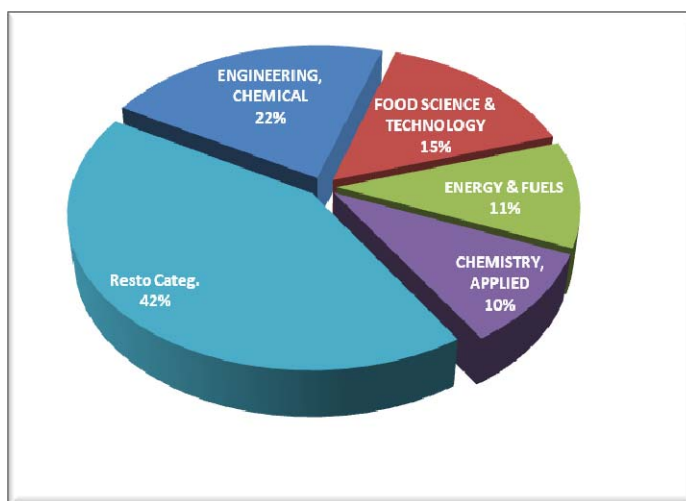
Muestra, a su vez, la evolución anual del número de citas recibidas a los documentos publicados por los investigadores de esta Universidad. Así, hasta 2007 el total de citas recibidas asciende a 348 (3,95 citas/documentos; índice-h=12) y las obtenidas hasta 2010 son de 913 (10,38 citas/documentos; índice-h=17), lo que supone un incremento de 162,36%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2002.

En relación con la tipología documental estudiada, el 98,86% corresponde a artículos científicos y únicamente han publicado un review. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos, es el inglés alcanzado el 92%, destacando que los i q de la universidad de Huelva utilizan el idioma español en la redacción de siete documentos (7,95%).

En 21 categorías temáticas diferentes están encuadrados los 41 títulos de revistas científicas en las que están publicados los 88 documentos generados por los i q de la Universidad de Huelva, necesitando cuatro títulos para recoger el 25% de los documentos, nueve revistas para alcanzar el 50% y diecinueve para llegar al 75% de la producción. El 25% restante están publicados en veintidós publicaciones científicas distintas, recogiendo cada una un único documento.

Dos revistas encabezan el ranquin de producción con seis documentos cada una (6,82%) *Industrial & Engineering Chemistry Research* y *Rheologica Acta*. La publicación española *Afinidad* recoge el 5,68% (5 docs.) igualmente que *Bioresource Technology*, *Energy & Fuels* y *Fuel*, acaparando todas ellas el 36,36% de la producción. Con los tres títulos siguientes, con cuatro documentos cada una de ellas, se llega al 50% de la producción estando entre ellas la publicación española *Grasas y Aceites*.

La mayor parte de los documentos (57,64%) están publicados en revistas encuadradas en cuatro categorías temáticas (fig.4.52). El 21,53% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en *Chemical Engineering* (31 docs.), seguida de *Food Science & Technology*, que recoge revistas que publican el 15,28% (22 docs.); en tercer lugar la categorías *Energy & Fuels* encuadra las revistas que recogen el 11,11% de la producción (16 docs.) y, en cuarto lugar, la categoría *Chemistry, Applied* que encuadra aquellas revistas que publican el 9,72% de la producción generada por estos investigadores (14 doc.).



**Figura 4.52. Categorías temáticas de la Universidad de Huelva**

Todos los documentos están firmados por más de un autor (tasa de coautoría) siendo el promedio de firmas por documento ( $l_c$ ) de 4,72.

El 69,32% de los documentos recuperados de ir de la Universidad de Huelva están elaborados en colaboración. Del grupo de documentos en colaboración (61 docs.) se extraen 54 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 12 colaboraciones internacionales y 7 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional los investigadores iq de la UHU mantienen colaboración con 7 países distintos, 3 colaboraciones con Italia, 2 con Argentina, Portugal y Reino Unido, respectivamente. Con una colaboración están Francia, Grecia y Rumania.

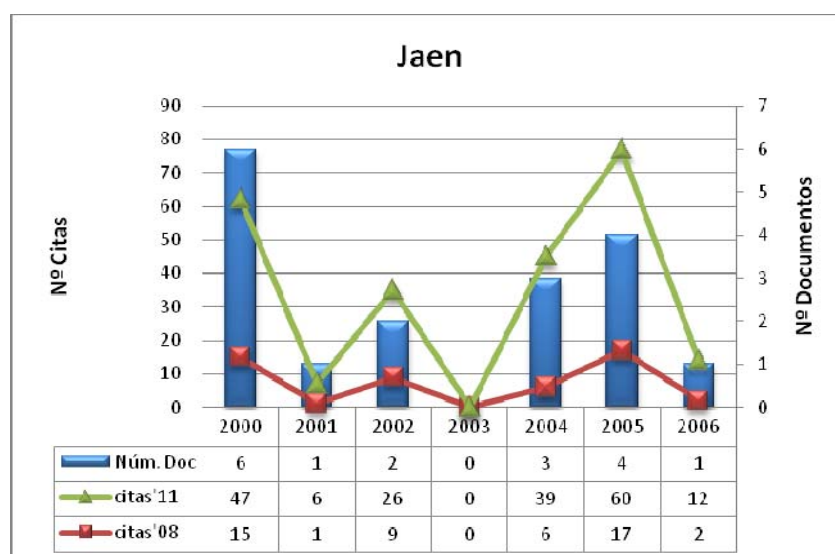
Las 54 colaboraciones nacionales están repartidas entre las 41 colaboraciones con otras universidades y 13 con instituciones ajenas a la universidad, de estas últimas, mantiene 12 colaboraciones con distintos centros de investigación, destacando 6 colaboraciones con el CSIC; mantiene una colaboración con empresas. Con las universidades mantiene más colaboración son con la de Córdoba y Sevilla con 16 y 12 colaboraciones respectivamente. Las 16 colaboraciones con Córdoba están realizadas con el área de IQ de esta Universidad y de las 12 colaboraciones con la Universidad de Sevilla, 11 están realizadas con el Departamento de IQ de esta universidad. Cinco colaboraciones mantienen con Pablo de Olavide (2 de ellas con el área de iq) y con el País Vasco. Con la Politécnica de Cataluña establece dos colaboraciones y con Vigo una.

### 4.7.2.6 Universidad de Jaén

El Departamento de *Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales*<sup>293</sup> está formado por docentes y/o investigadores de las áreas de conocimiento de Ingeniería Química, Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y de Tecnología del Medio Ambiente. Está presente en la Facultad de Ciencias Experimentales (en la cual tiene la sede) y en la Escuela Politécnica Superior de Jaén y Linares.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la universidad de Jaén, durante el periodo de estudio, asciende a 17 documentos, con una producción media de  $2,83 \pm 1,5$  documentos por año.

En la figura 4.53 muestra la distribución del número de documentos por año donde se observa que en los años extremos están los valores más altos y bajos (2000 y 2006) con seis y un documento respectivamente. En los años intermedios, con la excepción del año 2003, la tendencia es al alza aunque la diferencia entre ellos es de un único documento.



**Figura 4.53. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Jaén**

El número de citas recibidas (fig. 4.53) registradas hasta 2007 asciende a un total de 50, siendo la media de citas por documento de 2,94 y un índice-h de 5. Las

<sup>293</sup> Universidad de Jaén. Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales. . [En línea]. Disponible en: <http://www.ujaen.es/dep/ingqui/>. [consulta: enero 2012]

citas recibidas hasta 2010 suman un total de 190, con una media de 11,18 de citas por documento (fig. 4.45). El incremento de citas supone el 280,00%. El índice-h que le corresponde a estos documentos es de 7. Los documentos más citados, en ambos casos, corresponden a los publicados en el año 2005.

El total de los documentos generados por los iq de la Universidad de Jaén son artículos científicos. En cuanto al idioma de publicación, 14 de ellos utilizan el idioma inglés para su redacción mientras que los otros 4 están escritos en español.

Catorce son las publicaciones elegidas para publicar sus documentos. Destaca que dos revistas aglutinan el 29,41% de la producción, *Afinidad* con tres documentos (17,65%) y *Journal of Chemical and Engineering Data* con 2 documentos (11,76%) publicados a lo largo del periodo estudiado. Las doce revistas restantes, con un documento publicado cada una, recogen el 70,59% restante.

60,61

Las 14 revistas científicas están encuadradas en 11 categorías temáticas. Las tres más recurrentes agrupan el 60,61% de los documentos (fig.4.54). *Chemical Engineering* recoge el 27%, *Chemistry Multidisciplinary* el 18% y *Biotechnology & Applied Microbiology* el 15%.

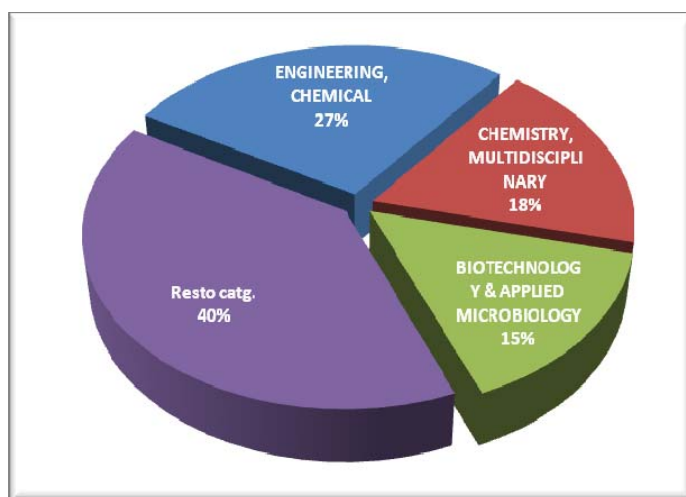


Figura 4.54. Categorías temáticas de la Universidad de Jaén

Con una tasa de coautoría del 100%, el promedio de autores firmantes (Ic) de los distintos documentos es de 4,24.

En cuanto a la colaboración de los iq de la Universidad de Jaén destaca el grado de colaboración existente en los registros hallados para estos investigadores. Así, el 100% de los documentos están realizados con otras instituciones, hallándose 25 colaboraciones de carácter nacional y 5 colaboraciones con distintas instituciones internacionales; ninguna con otras áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

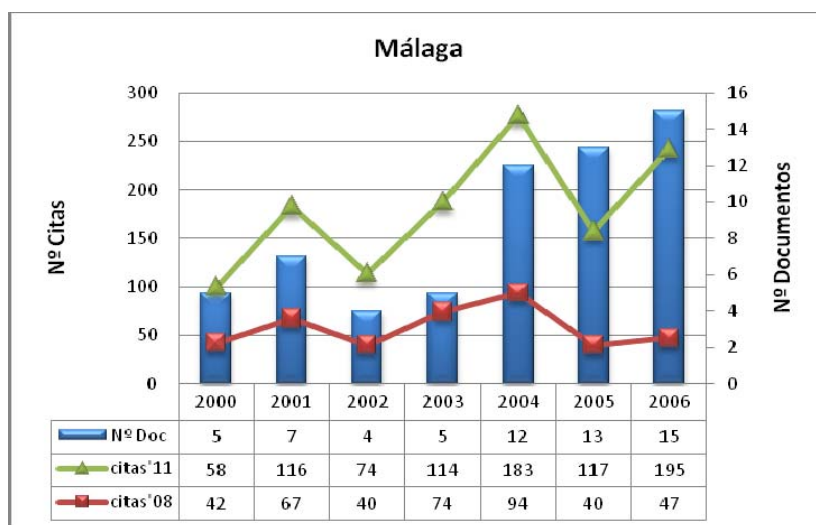
Las cinco colaboraciones a nivel internacional están repartidas en tres países distintos, Reino Unido con tres colaboraciones, México y Marruecos con una colaboración cada uno. Las colaboraciones nacionales (25) están repartidas entre las 19 colaboraciones con otras universidades y 6 con centros de investigación. Con la universidad que más colabora es con Granada (15 col.), seguida de Santiago de Compostela y Vigo, con quienes mantiene 2 colaboraciones con cada una de ellas. Todas las colaboraciones con las Universidades están mantenidas con las áreas de IQ de las mismas.

#### 4.7.2.7 Universidad de Málaga

El Departamento *Ingeniería Química*, de la Universidad de Málaga está formado por únicamente por el área de conocimiento de Ingeniería Química. Imparte la titulación de IQ y tiene la sede en la Facultad de Ciencias.

El número de documentos publicados por los investigadores el área de Ingeniería Química de la Málaga durante el periodo de estudio asciende a 61 documentos, con una producción media de  $8,71 \pm 3,96$  documentos por año.

La figura 4.55 se muestra la distribución del número de documentos por año así como la evolución de la citación. En relación a la evolución del número de documentos por año, se puede observar una tendencia positiva. En los cuatro primeros años del periodo estudiado, la evolución de la producción se mantiene constante con un ligero aumento en el segundo año y descenso en el tercero. A partir del 2004 se produce un salto importante incrementándose en este año el número de documentos más del doble que la media de los cuatro primeros años, siguiendo el incremento en los dos años siguientes. Pasamos así de una media de 5,25 documentos por año en periodo 2000-2003 a 13,33 la correspondiente a los años 2004-2006.



**Figura 4.55. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Málaga**

Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 404, siendo la media de citas por documento de 6,62 y un índice-h de 11. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 857, siendo la media de citas por documento de 9,13 y un índice-h de 17. El incremento en número de citas fue de 112,13%. En ambos casos, los documentos más citados, se corresponden a los publicados en el año 2004.

Todos los documentos son artículos científicos. El 98,36%, de los documentos están redactados en inglés y un documento está redactado en alemán.

La productividad de los i<sub>q</sub> de la Universidad de Málaga está muy repartidos a lo largo de 36 revistas científicas, y clasificados en 27 categorías temáticas:

- Casi el 25% de la producción (23%) está publicado en tres revistas científicas
- El 50,82% de la producción está recogida en 10 títulos
- El 75,41% de los documentos están publicados en 21 títulos distintos
- El 25% restante está distribuido en 15 revistas científicas distintas.

El mayor número de documentos los recoge las revistas *Surface and Interface Analysis* (9,84%) y *Catalysis Today e Industrial & Engineering Chemistry Research* con el 6,56% cada una.

La figura 4.56 muestra las categorías temáticas en las que están clasificadas las revistas que publican el 50,46% de los documentos, destacado *Chemistry, Physical* que recoge el 18% (20 docs.) de la producción, *Chemical Engineering* recoge revistas

que publican el 16% de la producción (18 docs.) y *Environmental Science* el 9% de la producción generada por estos investigadores.

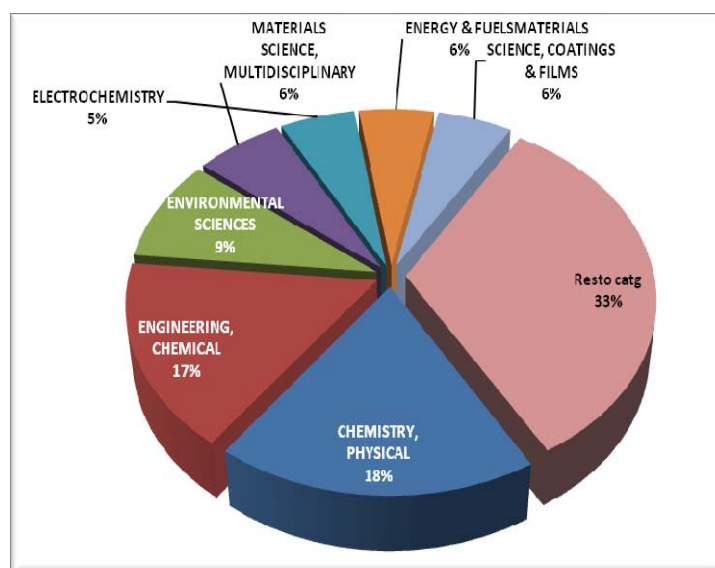


Figura 4.56. Categorías temáticas de la Universidad de Málaga

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) es de 4,87 y la tasa de coautoría del 100%.

El 86,89% de los documentos están colaborados. De ellas, 22 son colaboraciones nacionales, 25 internacionales y 21 colaboraciones con otras áreas de la propia universidad.

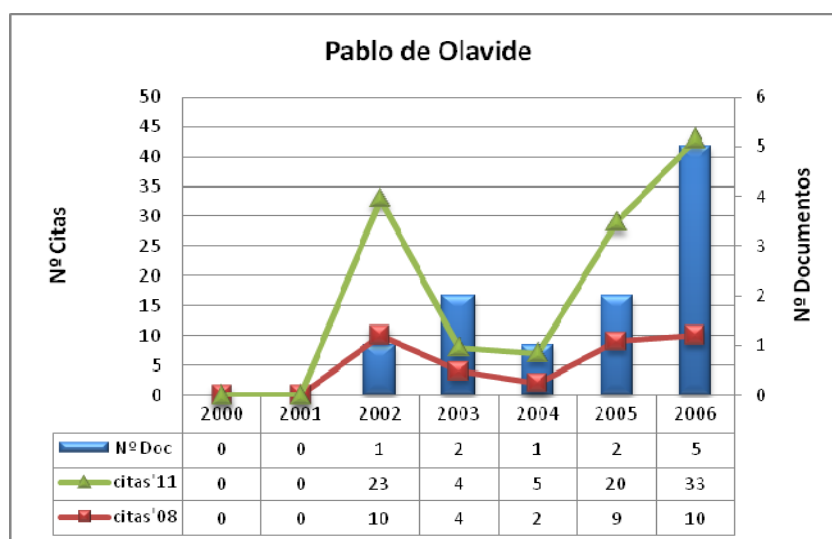
A nivel internacional los investigadores iq de la UMA mantienen colaboración con 10 países distintos, destacando las 8 colaboraciones con Italia, 4 con Uruguay y 3 con Cuba; con 2 colaboraciones está con Alemania, Méjico y Reino Unido y con 1 colaboración, Ecuador, Grecia, Portugal y con la República Checa. Las colaboraciones nacionales (22) están repartidas entre las 16 colaboraciones con otras universidades y 6 con centros de investigación (CSIC). Con las universidades que mantiene más vinculación a través de la colaboración son Córdoba (8 col.) y la Univ. Autónoma de Madrid con 6 colaboraciones, cinco de ellas con el área de IQ de esta universidad. Con la Universidad de La Laguna y con la Complutense mantiene, a lo largo de periodo de estudio, una colaboración con cada una de ellas, siendo ambas con investigadores del área de iq de sus respectivas universidades.

### 4.7.2.8 Universidad de Pablo de Olavide

La Universidad Pablo de Olavide es una de las más jóvenes dentro de grupo de estudio. Se creó en Sevilla en 1997. En su estructura departamental se encuentra el Departamento de *Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica*, con sede en la Facultad de Ciencias Experimentales. El departamento está compuesto por varias áreas de conocimiento con pocos profesores cada una de ellas. Las áreas que forman el departamento, junto a Ingeniería Química, son Botánica, Genética, Microbiología, Nutrición y Bromatología.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de esta Universidad, durante el periodo de estudio, asciende a 11 documentos, con una producción media de  $1,57 \pm 1,22$  documentos por año.

La figura 4.57, muestra tanto la distribución del número de documentos por año como la evolución de la citación. Se observa que el primer año para el que se registran documentos es en 2002. A partir de este año oscila la producción entre uno y dos documentos hasta llegar al último año de estudio (2006) donde la productividad recogida para estos investigadores aumenta a cinco documentos.



**Figura 4.57. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Pablo de Olavide**

El número de citas recibidas hasta 2007 asciende a 35, siendo la media de citas por documento de 3,18 y un índice-h de 3. El número de citas recibidas hasta



2010 asciende a 85 (7,73 citas/documentos) lo que supone un incremento del 142,86%. El índice-h en este momento es de 6. En las dos tomas de datos, el año 2006 es el que están publicados los documentos con mayor número de citas. En el caso de las citas correspondientes a la toma de 2008, los documentos correspondientes a 2002 también reciben el mismo número de citas.

Del total de documentos generados por los i+q de la Universidad Pablo de Olavide diez son artículos científicos y un review.

En cuanto al idioma de publicación, ocho de ellos utilizan el idioma inglés para su redacción mientras que los otros 3 están escritos en español (dos artículos y el review; todos publicados en la revista nacional *Afinidad*).

Seis son las publicaciones elegidas para publicar sus documentos. Debido a la escasa producción, ésta está muy condensada en un par de títulos. Así, dos revistas aglutinan el 63,64 % de la producción, *Afinidad* con cuatro documentos (36,36%) y *Bioresource Technology* con 3 documentos (27,27%) publicados a lo largo del periodo estudiado, acaparando entre las dos el 63,64% de los documentos. Las cuatro revistas restantes, con un documento publicado cada una, recogen el 36,36% restante.

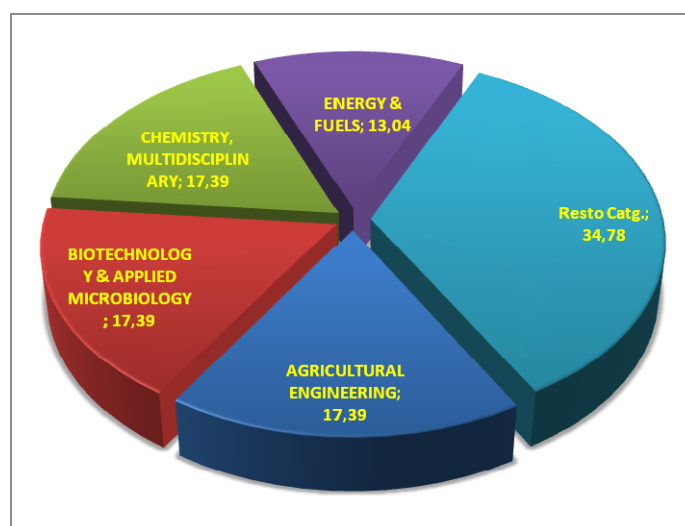


Figura 4.58. Categorías temáticas de la Universidad Pablo de Olavide

Las 6 revistas científicas están incluidas en 12 categorías temáticas (fig. 4.58) siendo las de mayor ocurrencias, *Agricultural Engineering*, *Biotechnology & Applied Microbiology*, *Biotechnology & Applied Microbiology* y *Chemistry Multidisciplinary*, que

clasifican las revistas que recogen el 17,39% (4 docs.) cada una de ellas y *Energy & Fuels* el 13,04% de la producción (3 docs.).

Con una tasa de coautoría del 100%, el promedio de autores firmantes (Ic) de los distintos documentos es de 4,82.

En cuanto a la colaboración existente de los iq de Pablo de Olavide en su producción científica recuperada, cabe destacar el grado de colaboración que tienen estos en el periodo estudiado: el 100% de los documentos están en colaboración con otras instituciones ajenas a la propia universidad.

Así, se encuentran 13 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, una con una entidad internacional, no hallándose ninguna colaboración con otras áreas de su propia universidad (intrauniversitaria).

La única colaboración mantenida a nivel internacional la establece con Suecia. De las trece colaboraciones mantenidas con distintas instituciones nacionales una corresponde a una colaboración con un centro de investigación, las doce restantes están repartidas en la Universidad de Córdoba, Huelva y Sevilla (IQMA), todas con investigadores del área de IQ.

#### 4.7.2.9 Universidad de Sevilla

La Universidad de Sevilla tiene dos Departamentos con área de Ingeniería Química: el Departamento de Ingeniería Química con sede en la Facultad de Química y el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental en la Escuela Superior de Ingenieros, impartándose la titulación de Ingeniero Químico en esta última.

El número de documentos publicados por los investigadores de las dos áreas de Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla, en conjunto, durante el periodo de estudio, asciende a 149 documentos, con una producción media de  $21,29 \pm 3,76$  documentos por año.

La figura 4.59a muestra la distribución de la producción global correspondiente a la Universidad de Sevilla. Se puede observar distintos cambios en la tendencia respecto a números de documentos por año. Así, durante los tres primeros se observa un crecimiento en su producción (periodo 2000-2002), pasando de 13 documentos a

25, y decrecer durante los dos años siguientes (2003-2004). En el año 2005 se observa un pico que representa el máximo (29 documentos) de producción en todo el periodo estudiado.

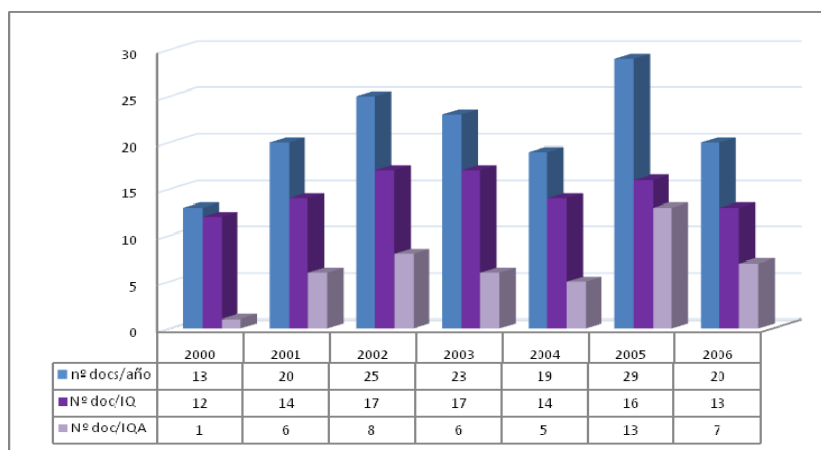


Figura 4.59a. Producción científica de la Universidad de Sevilla

La figura 4.59b refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas ascendió a 859, siendo la media de citas por documento de 5,77 y un índice-h de 15. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 1881, siendo la media de citas por documento de 12,62 y un índice-h de 23. El incremento en número de citas fue del 118,98%.

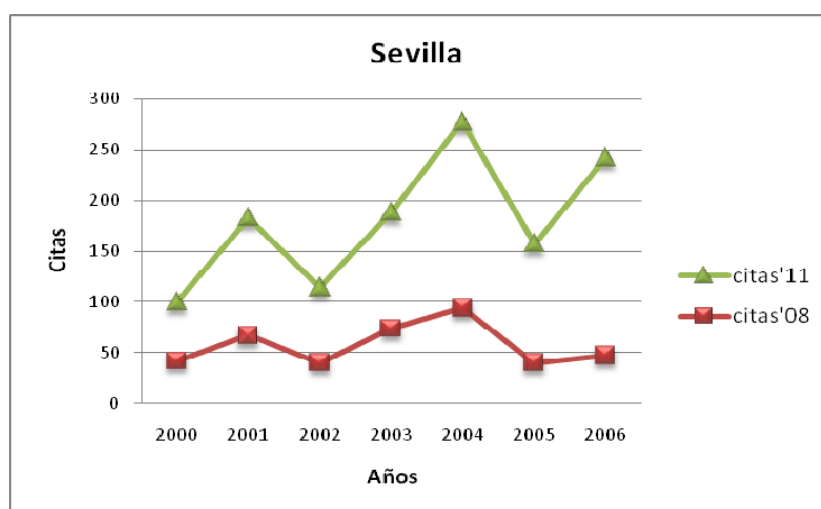


Figura 4.59b Evolución de la citación de la Universidad de Sevilla

El 98% de los documentos generados por los iq de la Universidad de Sevilla son artículos científicos. En cuanto al idioma de publicación, el 94,63% de los documentos utilizan el inglés y el 5,37% el español (8 documentos).

La productividad de los iq sevillanos está dispersa en 52 revistas científicas distintas y éstas, a su vez, están clasificadas en 26 categorías temáticas. Las revistas científicas utilizadas para la publicación de los documentos por estos investigadores así como las áreas temáticas en las que se están encuadradas, se detallarán por departamento a continuación, pero cabe señalar que, en conjunto, las más utilizadas son *Industrial & Engineering Chemistry Research* y *Lagmuir* con el 8,72% de la producción cada una de ellas, seguidas de *Food Hydrocolloids* con el 6,04%. La revista editada en España *Grasas y Aceites* la encontramos ocupando el tercer puesto junto a *Journal of Colloidans Interfade Science* que recogen el 4,70% de la producción cada una.

En cuanto a las categorías temáticas, destaca Chemical Engineering con un 32,21% de la producción seguida de *Chemistry, Physical y Food Science & Technology* que recogen el 22,82% y el 20,13%, respectivamente.

La media de autores que firman los documentos (lc) está en niveles inferiores a la media nacional con 3,84 firmas/documento y siendo la tasa de coautoría del 100%.

En relación a la colaboración tanto intrauniversitaria, nacional e internacional se detallan en los departamentos respectivos, destacando que no existe colaboración entre ambos departamentos.

#### 4.7.2.9.1 Departamento de Ingeniería Química

El Departamento de *Ingeniería Química*<sup>294</sup> está formado por docentes y/o investigadores adscritos a dos áreas de conocimiento, Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos. Con sede en la Facultad de Química de la Universidad de Sevilla, está vinculado también a la Facultad de Biología y la Escuela Universitaria Politécnica.

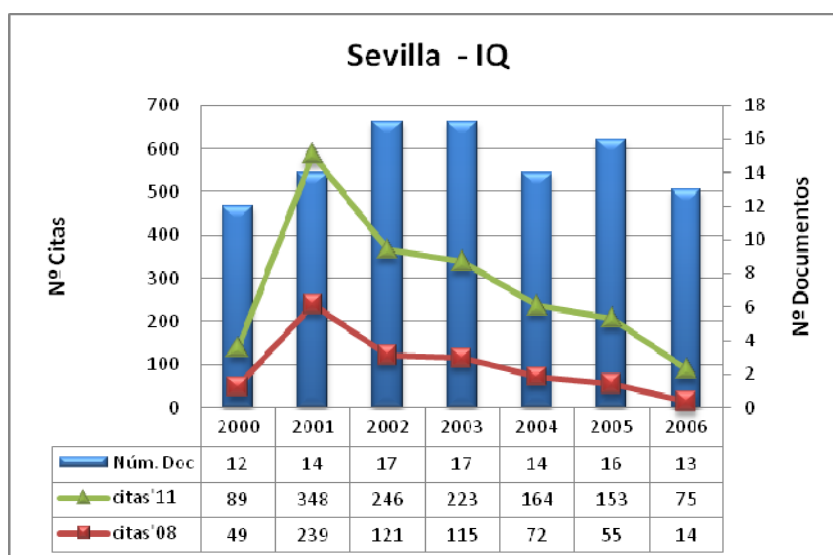
---

<sup>294</sup> Universidad de Sevilla. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: [http://www.us.es/centros/departamentos/departamento\\_i061](http://www.us.es/centros/departamentos/departamento_i061) [consulta: enero 2012].

La figura siguiente (fig. 4.60) refleja tanto la evolución anual de la producción como la correspondiente a la citación.

Los docentes y/o investigadores adscritos al área de conocimiento de Ingeniería Química de este departamento, tienen una productividad de 103 documentos durante el periodo de estudio, lo que supone el 69,13% de la IQ de la Universidad de Sevilla. El promedio de documentos por año es de  $14,71 \pm 3,76$ .

Hasta 2007, el número de citas recibidas fue de 665, siendo la media de citas por documento de 6,46 y un índice-h de 14. Hasta 2010 el número de citas recibidas fue de 1298 (12,60 citas/documentos; índice-h=17), suponiendo un incremento del 95,19%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, son los publicados en el año 2001.



**Figura 4.60 Producción científica y evolución de la citación del Dpto. Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla**

El gráfico anterior, (fig. 4.60), muestra la evolución más o menos constante de la productividad de los iq del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla durante el periodo de estudio. La pendiente es positiva durante los tres primeros años, pasando de 12 documentos en el año 2000 a 17 en 2002. Durante el 2003 se estabiliza la producción con los mismos resultados que el año anterior. A la vez se observa como en 2004 decrece alcanzando los mismos valores que en 2001 para volver a subir en 2005 y, de nuevo, descender en el último año de estudio con valores parecidos al primer año.

El 98% de los documentos son artículos científicos hallándose publicados 2 review en este periodo. El idioma utilizado por estos investigadores es el inglés, alcanzando el 93% (93,20%); el 6,8% restante utiliza el idioma español. De los ocho documentos redactados en el idioma español, en el cómputo total de la producción de los iq de Sevilla, siete son publicados por los iq de este departamento.

Los 103 documentos están muy repartidos en 31 revistas científicas distintas, siendo 18 las categorías temáticas en las que están encuadradas éstas publicaciones científicas. El mayor número de documentos (13) los publica la revista *Lagmuir* (12,62%). Le siguen *Food Hydrocolloids* e *Industrial & Engineering Chemistry Research* con 9 documentos cada una (8,74%) y, en tercer lugar, la publicación española *Grasas y Aceites* con 7 documentos (6,68%), todos ellos en Español.

Los tres primeros títulos publican el 30,10% de la productividad los iq del departamento estudiado. Un poco más del doble (siete títulos) recogen el 53,40% y catorce revistas son necesarias para alcanzar el 76,70% de la producción. El 23,30% restante de la producción está distribuida en diecisiete títulos distintos, existiendo diez revistas científicas que únicamente publican un documento (9,71% de la producción).

La figura 4.61 refleja las categorías en las que están clasificadas las revistas que recogen mayor número de documentos (63,16%).

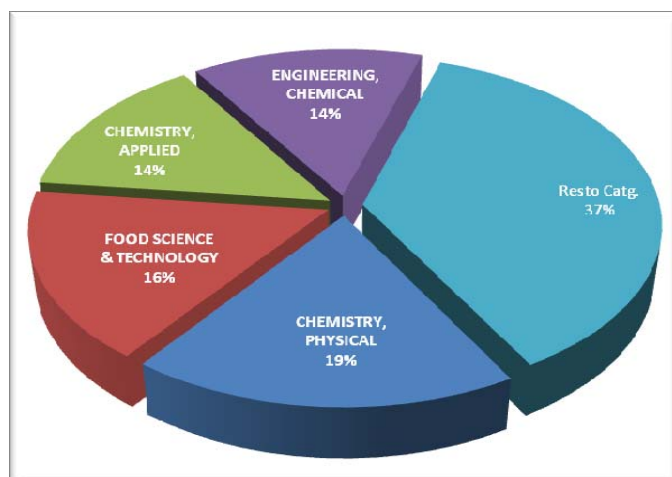


Figura 4.61. Categorías temáticas del Dpto. de Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla

El 18,71% están clasificados en la categoría temática *Chemistry Physical* (32 docs.); *Food Science & Technology*, recoge revistas que publican el 16,37% de la

producción (28 docs.) y en tercer lugar hallamos las categorías *Chemistry Applied* y *Chemical Engineering* con revistas que publican el 14,04% de la producción cada una de ellas (24 docs.).

La media de autores de los distintos documentos (Ic) es 3,95 y la tasa de coautoría es del 100%.

De los 103 documentos recuperados de las bases de datos de WoS, para el periodo estudiado, el 47,57% de ellos están elaborados en colaboración, hallándose 31 colaboraciones con instituciones nacionales, 21 con internacionales y 3 colaboraciones con otras áreas pertenecientes a la propia universidad.

A nivel internacional los investigadores iq de este departamento de la USE mantienen colaboración con 5 países distintos, destacando las 12 colaboraciones con Argentina. El resto de países con quien tiene vinculación a través de la colaboración son Polonia (4), el Reino Unido (3), y con Portugal y Países Bajos una colaboración con cada país.

Las colaboraciones nacionales (31) están repartidas entre las 26 colaboraciones con otras universidades y 5 con otras instituciones no universitarias (4 CSIC; 1 empresas). Con la universidad que mantiene más relación es con la Universidad de Huelva con 14 colaboraciones, 11 de ellas con el área de IQ. Con la Univ. de Santiago de Compostela colabora en 11 ocasiones y con el País Vasco una.

#### 4.7.2.9.2 Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

El Departamento de *Ingeniería Química y Ambiental*<sup>295</sup> de la Universidad de Sevilla está formado por docentes y/o investigadores adscritos a dos áreas de conocimiento, Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla (titulación IQ), está vinculado también a la Escuela Universitaria Politécnica.

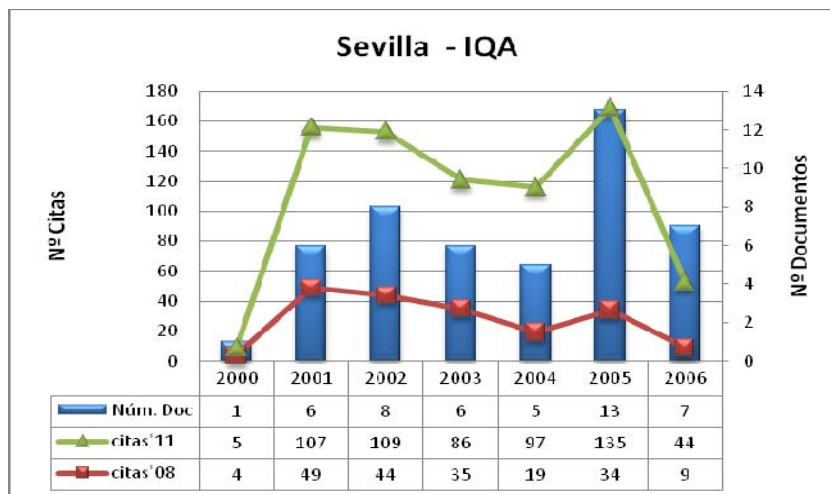
El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de este departamento de la Univ de Sevilla durante el periodo de estudio asciende a 46

---

<sup>295</sup> Universidad de Sevilla. Departamento de Ingeniería Química Ambiental. [En línea]. Disponible en: <http://www.esi2.us.es/IQA/home.html> [consulta: enero 2012].

documentos lo que supone el 30,87% de la producción correspondiente a la producción de la IQ de la Universidad, siendo el promedio de documentos por año de  $6,57 \pm 2,37$ .

La figura 4.62 muestra la evolución de la productividad de los iq así como la evolución anual de las citas recibidas del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla. Trece es el máximo de documentos hallados correspondientes al año 2005. El mínimo, con un único documento, corresponde al año 2000. La tendencia es positiva durante los tres primeros años del periodo estudiado y negativo en los dos siguientes. Después del pico que marca el máximo de producción vuelve a descender a siete documentos el último año.



**Figura 4.62. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. Ing. Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla**

Del mismo modo, a figura anterior (fig. 4.62) refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a asciende a 194, siendo la media de citas por documento de 4,22 y el índice-h de 8. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 583, siendo la media de citas por documento de 12,67 y el índice-h 13. El incremento en número de citas fue del 200,52%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2005 para las citas recogidas en 2011 y 2001 para las recogidas en 2008.

De los dos tipos de documentos estudiados, el artículo científico alcanza el 97,82% del total de su producción (45 documentos), publicando durante el periodo estudiado un único review (en español). En cuanto al idioma de publicación, el 97,82%



está en inglés y un único documento, el review, está publicado en español (revista *Afinidad*).

Los 46 trabajos hallados de de los iq de este departamento, para el periodo 2000-2006, están publicados en 26 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 16 categorías temáticas.

Los registros están muy repartidos en el conjunto de revistas. Así 31 documentos están publicados en once revistas y los quince documentos restantes están publicados en otras quince revistas. El mayor número de documentos (once) los recoge la revista *Fuel* a la que corresponde el 10,87%. La segunda publicación más utilizada es *Industrial & Engineering Chemistry Research*, la cual publica el 8,70% de la producción (4 docs.) y en tercer lugar se sitúan cuatro títulos *Chemosphere*, *Energy & Fuels*, *Environmental Science & Technology* y *J. of Chemical Technology and Biotechnology* que recogen, cada una de ellas 3 documentos (6,52%) de la producción. Los documentos recogidos por estas revistas representan el 45,65% del total. El 50% de la productividad está publicada en siete títulos, el 74% en catorce y para llegar al 100% de la producción, se necesitan otras 12 revistas.

La figura 4.63 refleja las categorías en las que están clasificadas las revistas que recogen mayor número de documentos

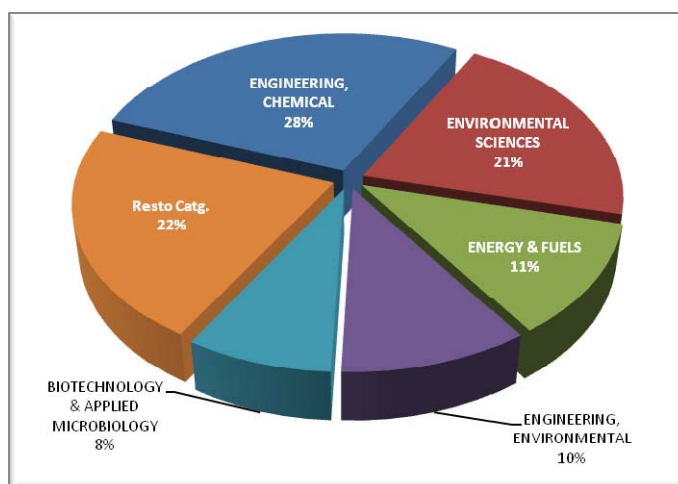


Figura 4.63. Categorías temáticas del Dpto. Ing. Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla

El 27,59% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática *Chemical Engineering* (24 docs.); *Environmental Science* encuadra

a las revistas que recogen el 20,69% (18 docs.) y *Energy & Fuels* el 11,49% (10 docs.). *Engineering, Environmental y Biotechnology & Applied Microbiology* siguen el ranquin con el 10,34% y 8,05%, nueve y siete documentos, respectivamente. Todas estas categorías recogen el 78,16% de la producción total de este Departamento (fig. 4.63).

La media de autores firmantes de los distintos documentos (Ic) es 3,59 y la tasa de coautoría es del 100%.

De los 46 documentos en estudio, el 39,13% de los documentos están elaborados en colaboración. En los 16 documentos elaborados en colaboración se hallan 12 con distintas instituciones nacionales y 6 colaboraciones con instituciones internacionales. Destaca la nula colaboración intrauniversitaria.

Las 6 colaboraciones internacionales están realizadas con cuatro países distintos, 2 con Francia y Países Bajos y una colaboración con Portugal y Suecia. De las 12 colaboraciones mantenidas con instituciones únicamente 2 de ellas están con otras instituciones universitarias: colabora en dos ocasiones co el área de IQ de la Universidad Pablo de Olavide. El resto de colaboraciones (10) están mantenidas con el CSIC (5), otros centros de investigación regionales (3). Con empresas y servicios autonómicos mantiene una colaboración con cada uno de ellos.

### 4.7.3. Aragón

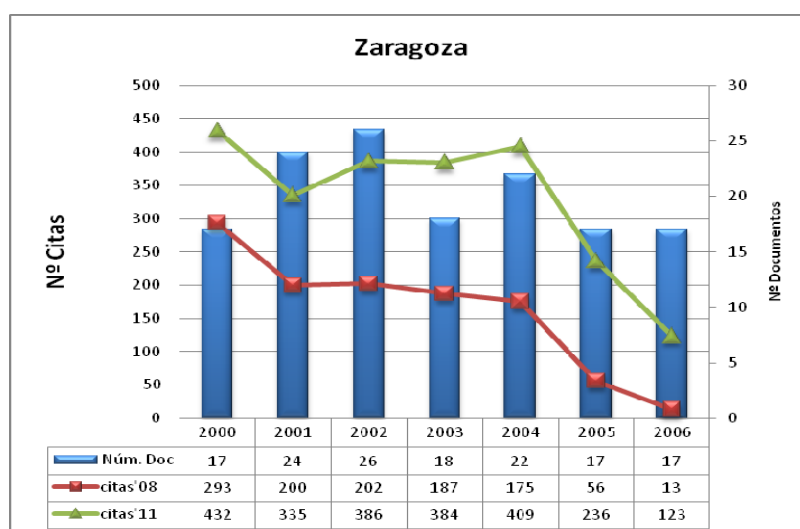
El *Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente*<sup>296</sup> de la Universidad de Zaragoza, se compone de personal adscrito a dos áreas de conocimiento, Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Con sede en el Centro Politécnico Superior, está presente en cinco centros Universitarios de la Universidad de Zaragoza: Escuela Politécnica Superior de Huesca, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza, Facultad de Ciencias, Facultad de Veterinaria y Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (centro adscrito). El profesorado de este departamento imparte docencia en diez titulaciones distintas, entre ellas la de Ingeniero Químico.

---

<sup>296</sup> Universidad de Zaragoza. Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente. [En línea]. Disponible en: <http://iqtma.cps.unizar.es/> [consulta: enero 2012].

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Zaragoza, durante el periodo de estudio, asciende a 141 documentos, con una producción media de 20,1 documentos por año y una desviación media de 3,31 documento año.

En la figura 4.64 muestra tanto la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando como la evolución anual del número de citas recibidas a los documentos publicados por los investigadores de esta Universidad.



**Figura 4.64. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Zaragoza**

Se observa una tendencia negativa en la producción durante el periodo estudiado. Durante los tres primeros años existe un crecimiento positivo pasado de una producción de 17 documentos en el año 2000 a 26 documentos en el año 2002. En la mitad del periodo (año 2003) decae la productividad con respecto a los dos años anteriores, sube en 2004 y vuelve a caer y estancarse en los dos últimos años para volver a la misma producción que el primer año de estudio, 17 documentos.

La figura anterior muestra, la evolución anual del número de citas recibidas a los documentos publicados por los investigadores de esta Universidad. Así, hasta 2007 el total de citas recibidas asciende a 1126 (8 citas/documentos; índice-h=17) y las obtenidas hasta 2010 son de 2305 (16,35 citas/documentos; índice-h=28), lo que supone un incremento de 104,71%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2000.

El artículo científico es como tipología documental el más utilizado alcanzando el 99,29% y publicando durante el periodo estudiado 1 review. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos, es el inglés alcanzado el 99,29%, el idioma español es utilizado en un documento.

Destaca la gran dispersión de los documentos en un total de 39 revistas científicas distintas, distribuidas en 28 categorías. Las tres primeras revistas, en orden decreciente de producción, recogen el 29% del total de documentos generados por estos investigadores y para publicar el 54,61% de total se necesitan siete títulos distintos; trece para recoger el 75,18% y para recoger el 24,82% restante de la producción se necesitan 26 títulos más.

El mayor número de documentos los recoge la revista *Catalysis Today* que publica el 11,35% de la producción (16 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Energy & Fuels* que recoge el 9,22% de la producción (13 docs.), y la tercera, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, recoge el 8,51% (12 docs.) y los dos títulos siguientes, *Applied Catalysis A-General* y *Journal of Membrane Science*, publican cada uno el 7,09% (10 docs.).

El 33,57% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática *Chemical Engineering* (93 docs.), *Chemistry Physical* el 17,33% (48 docs.), *Chemistry Applied* el 9,39 (26 docs.) y *Energy & Fuels* el 7,94% (22 docs.). Las tres siguientes categorías temáticas recogen aquellas revistas que publican el 3,97%, la primera, y el 3,61% las dos siguientes y son *Chemistry, Analytical*, *Environmental Sciences* y *Polymer Science* (fig. 4.65).

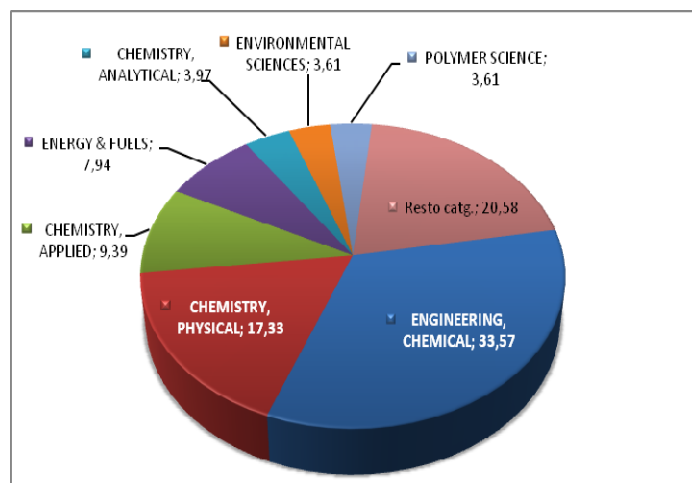


Figura 4.65. Categorías temáticas de la Univ. Zaragoza

La media de autores que firman los documentos (Ic) está en 4,57 con una tasa de coautoría del 100%.

De la productividad total de la universidad de Zaragoza, menos de la mitad están en colaboración con otras instituciones o áreas distintas a la suya (46,10%). En 27 documentos participan distintas instituciones nacionales; en 41 participan instituciones internacionales y 9 de ellos están en colaboración con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional los investigadores iq de Zaragoza mantienen colaboración con 13 países distintos, destacando las 7 colaboraciones con Francia y las 6 que mantiene con Argentina y Portugal. El resto de países con los que mantiene colaboración en el periodo estudiado son: Méjico (4 col.); con Alemania, Noruega y Reino Unido colabora en 3 ocasiones con cada una de estos; con Dinamarca, Suecia y USA en 2 ocasiones; con una colaboración hallamos a Grecia, Irlanda y Suiza.

Las colaboraciones nacionales (27) se reparten en 14 colaboraciones con otras universidades y 13 con instituciones no universitarias. Así, las universidades con quién más colabora son las universidades de Barcelona y la Complutense de Madrid, con cuatro colaboraciones con cada una de ellas. De las colaboraciones con la Complutense, las cuatro son con investigadores del área de IQ y de las cuatro de la Universidad de Barcelona, dos son con el área de IQ. Con la Universidad de Valladolid y la UNED colabora en dos ocasiones y con las universidades de Oviedo y con el Departamento de IQ del País Vasco en una ocasión, en ambos casos, con investigadores del área de iq. Las colaboraciones con instituciones no universitarias, la mayoría, son con el CSIC (4), otros centros de investigación (4) y con empresas (4).

#### 4.7.4. Asturias

El Departamento de *Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente*<sup>297</sup> de la Universidad de Oviedo está formado por las áreas de conocimiento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, con sede en la Facultad de Química donde se impartía la titulación de Ingeniería Química. Imparte docencia también en la ETS de

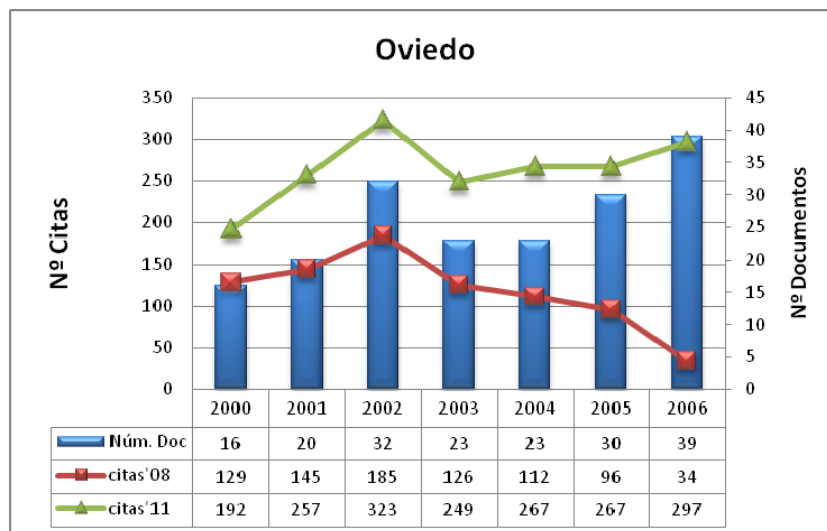
---

<sup>297</sup> Universidad de Oviedo. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. [En línea]. Disponible en: [http://www.unioviado.es/Ingenieria\\_Quimica/](http://www.unioviado.es/Ingenieria_Quimica/). [consulta: enero 2012].

Ingenieros de Minas (Oviedo), E.U. de Ingenierías Técnica de Mieras, F. de Medicina (Oviedo), en la E.P.S. de Ingenierías y E.U. Ing. Técnica Industrial, en Gijón.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la universidad de Oviedo, durante el periodo de estudio, asciende a 183 documentos, con una producción media de 26,14 documentos por año y una desviación media de 6,45 documento año. En número de documentos, el máximo (39) y el mínimo (16) corresponden a los años extremos, 2006 y 2000, respectivamente.

La figura 4.66 muestra la evolución anual de la producción de los iq de la Universidad de Oviedo, donde se puede observar una tendencia positiva a lo largo de los años estudiados, con picos más pronunciados en la productividad correspondiente a los años 2002 y 2006.



**Figura 4.66. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Oviedo**

La figura anterior (fig. 4.66) muestra, la evolución anual del número de citas recibidas a los documentos publicados por los investigadores de esta universidad. Así, hasta 2007 el total de citas recibidas asciende a 827 (4,52 citas/documento; índice-h=13) y las obtenidas hasta 2010 son 1852 (10,12 citas/documento; índice-h=28), lo que supone un incremento del 123,94%, estando el máximo de citas en los documentos publicados en 2002, en ambos casos.

El artículo científico es el más utilizado, alcanzando el 99,45% y publicando durante el periodo estudiado 1 reviews. El idioma más utilizado es el inglés alcanzado el 98,91%. Dos artículos son publicados en español, en la revista *Afinidad*.

Los 183 documentos están distribuidos en 67 revistas científicas, encuadradas éstas en 29 categorías temáticas.

Las revistas *Applied Catalysis B-Environmental* y *Journal of Membrane Science* acaparan, cada una de ellas, el 7,10% del total (13 documentos cada una); el 6,56% de la producción (12 docs.) la recoge *Industrial & Engineering Chemistry Research* y el 5,45% (10 docs.) la revista *Desalination*. Estos cuatro títulos concentran el 26,23% de la producción; el 50,82% de los documentos están publicados en 12 revistas, el 75,41% en 28 revistas y el 24,59% restante de los documentos están publicados en 39 títulos.

En primer lugar se halla la categoría temática (fig. 4.67) *Chemical Engineering* en la que están encuadradas las revistas que publican el 27,14% de la producción (95 docs.). La categoría *Chemistry Physical* recoge aquellas que recogen el 12,57%; *Engineering, Environmental* el 7,43%; *Environmental Sciences* el 6,00%, *Chemistry Multidisciplinary* el 5,71%; *Biotechnology & Applied Microbiology* el 4,86%; *Chemistry Applied* y *Food Science & Technology* el 4,54% cada una de ellas. En todas estas categorías están clasificados el 72,86% de la producción.

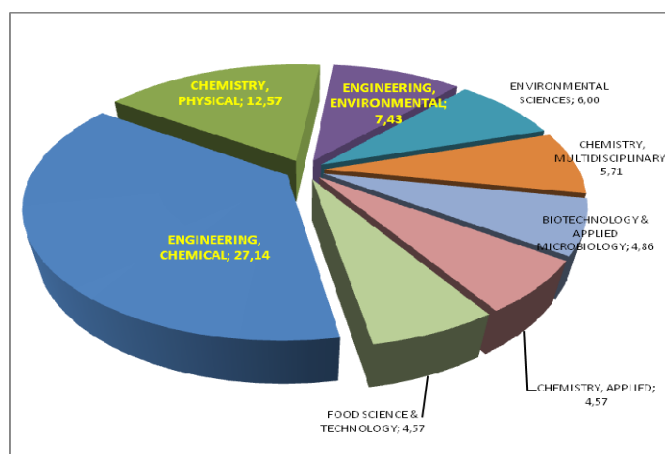


Figura 4.67. Categorías temáticas de la Universidad de Oviedo

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) es de 4,14 y la tasa de coautoría del 100%.

De los 183 documentos recuperados para estos investigadores menos de la mitad (45,36%) están elaborados en colaboración con otras instituciones o áreas. Del número de documentos colaborados (83) se hallan 42 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 34 colaboraciones internacionales y 32 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional y en el periodo de tiempo estudiado, los investigadores iq de Oviedo mantienen colaboración con 16 países distintos. Con el país que más se relaciona es con USA con 4 colaboraciones, seguida de Canadá, Dinamarca, Francia, Italia y Suiza con tres colaboraciones. Mantiene dos colaboraciones con México, Países Bajos, Portugal, Rumania y Reino Unido y una colaboración con Cuba, Finlandia, Grecia, Polonia y Suiza.

De las 42 colaboraciones nacionales, 28 son con otras universidades y 14 con otros centros no universitarios: 13 con empresas y 1 con un centro de investigación. Con la Universidad de Burgos colabora en 14 ocasiones, todas ellas con investigadores del área de IQ de esta universidad. Con la Politécnica de Valencia tiene 8 colaboraciones, todas ellas con investigadores del área de IQ de esta universidad. Con la Universidad del País Vasco y Vigo establece dos colaboraciones con cada una de ellas. Por último, con las Universidades de Zaragoza y Alcalá, colabora en una ocasión y también con investigadores del área de IQ.

#### 4.7.5. Cantabria

El *Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica*<sup>298</sup> de la Universidad de Cantabria se compone de personal adscrito a dos áreas de conocimiento, Ingeniería Química y Química Inorgánica, con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones, donde se impartía la titulación de Ingeniero Químico y docencia, además, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones, en la Escuela Técnica Superior de Náutica, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera, Facultad de Ciencias y Facultad de Educación.

---

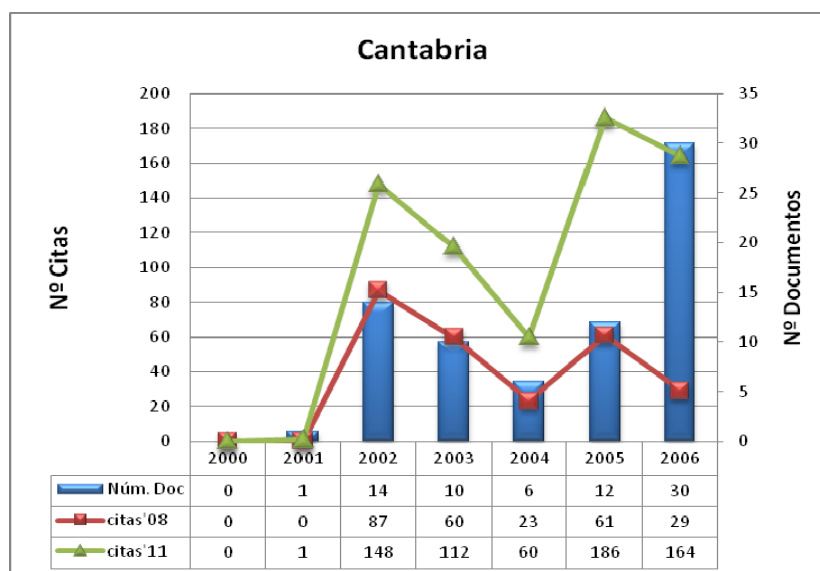
<sup>298</sup> Universidad de Cantabria. Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica. [En línea]. Disponible en: <http://departamentos.unican.es/quimica/> [consulta: enero 2012].



El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Cantabria, durante el periodo de estudio, asciende a 73, con una producción media de diez documentos por año y una desviación media de 7 documentos por año.

La figura 4.68 muestra la distribución anual tanto del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando como de las citas obtenidas por estos documentos.

El año 2000 no tiene producción, el 2001 produce un documento, correspondiéndole el máximo al año 2006 con 30 documentos, encontrando en los años intermedios oscilaciones en cuanto a la productividad.



**Figura 4.68. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Cantabria**

Hasta 2007, el número de citas recibidas es de 260, siendo la media de citas por documento de 3,52 y un índice-h de 8. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 671, siendo la media de citas por documento de 9,19 y un índice-h de 15. El incremento en número de citas fue de 158,08% (fig. 4.68). El mayor número de citas hasta 2007, le corresponde a los documentos del año 2002 y los correspondientes al año 2006 en la segunda toma de datos.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado es el inglés alcanzado el 98,63%, el idioma español es utilizado en un

documento, más concretamente un artículo publicado en la revista *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.

En relación a la revista elegida para publicar los distintos trabajos, cabe destacar la gran dispersión de los documentos en un total de 36 revistas científicas distintas, clasificadas éstas en 18 categorías temáticas.

Las dos revistas con mayor producción acumulan el 22% del total de documentos generados por estos investigadores. El 52% de la productividad de los iqt están publicados en 7 títulos y el 75,34% en 18 títulos distintos. Para llegar al 24,66% restante se necesitan 18 títulos más. El 32,88% de la producción está publicada en revistas con un solo documento de los iqt, durante el periodo estudiado.

El mayor número de documentos son publicados por la revista *Industrial & Engineering Chemistry Research*, suponiendo el 12,33% de la producción (9 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* que recoge el 9,59% de la producción (7 docs.). El tercer puesto lo comparten con un 8,22% y seis documentos cada una, las revistas *Desalination* y *Fresenius Environmental Bulletin*.

El 35,94% de los documentos están clasificados en la categoría temática *Chemical Engineering* (46 docs.); en *Environmental Sciences*, el 14,84%; el 9,38% en *Engineering Environmental* y el 7,81%, en la categoría *Chemistry Multidisciplinary* (fig. 4.69).

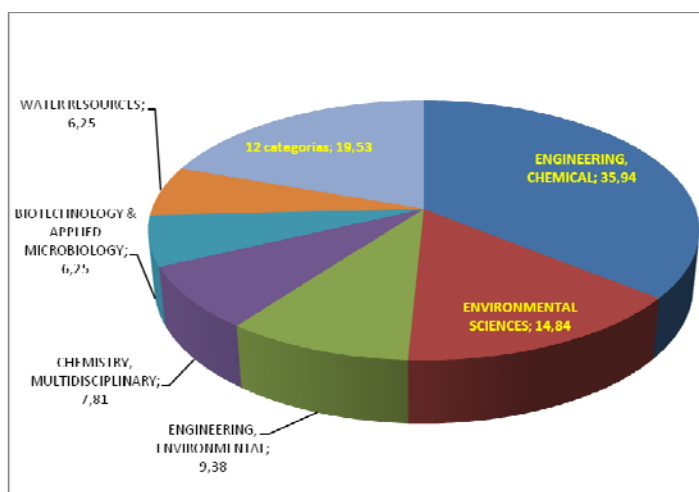


Figura 4.69. Categorías temáticas de la Universidad de Cantabria

La media de autores que firman los documentos (Ic) es de 3,96 y la tasa de coautoría del 100%.

En relación a los documentos elaborados con participación de otras instituciones o áreas distintas a la propia, destacar el bajo grado de colaboración en los documentos hallados. De los 73 documentos, únicamente 22 de ellos están en colaboración (30,14%), existiendo 15 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 13 con instituciones internacionales y 2 colaboraciones con otras áreas de la propia universidad.

Los iq de la Universidad de Cantabria colabora con 9 países distintos, destacando cuatro con Argentina y las 2 con Austria. Con los siete países restantes, Alemania, Canadá, Grecia, Japón, Méjico, Reino Unido y Venezuela, colabora una vez con cada uno de ellos, en el periodo de estudio.

Las colaboraciones nacionales (15) están repartidas entre 11 colaboraciones con otras universidades y 4 con centros de investigación (CSIC, 2) y empresas (2). Con la universidad que más colabora es con la Complutense con 4 colaboraciones con el área de IQ de esta universidad. Con la Universidad de Valladolid colabora en 2 ocasiones y una con las universidades de Cádiz y Autónoma de Madrid (con esta última la colaboración es con el área de IQ).

#### 4.7.6 Castilla-La Mancha

En la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha existe una única Universidad y de titularidad pública. La Universidad Castilla-La Mancha la cual tiene en su estructura al Departamento de Ingeniería Química.

El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>299</sup> se constituyó en 1990, integrando a todos los profesores del área de Ingeniería Química que, hasta entonces, formaban parte del ya desaparecido Departamento de Química. Con sede en el Facultad de Ciencias Químicas, donde se imparte el título de IQ, está presente cinco centros (docencia en once titulaciones): Facultad de Ciencias Químicas en Ciudad Real,

---

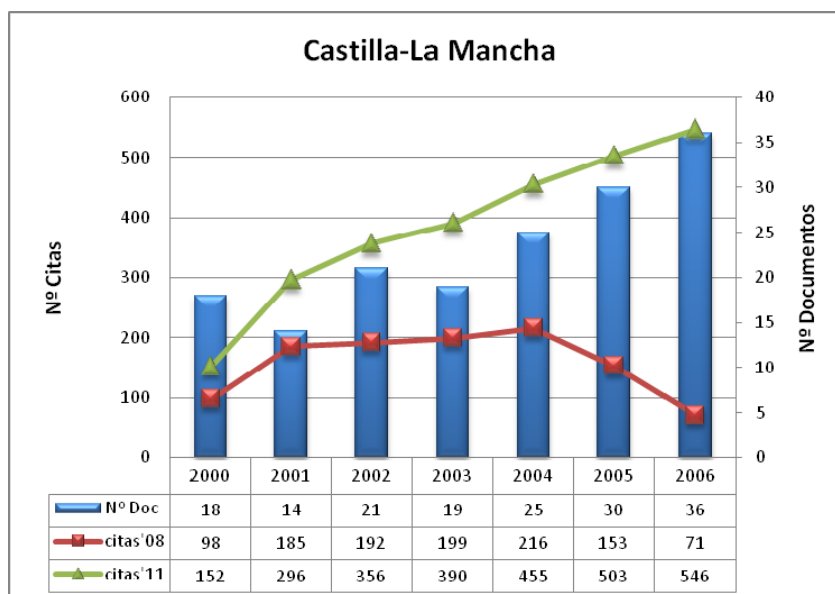
<sup>299</sup> Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.uclm.es/dep/diq/> [consulta: enero 2012].

Facultad de Ciencias del Medio Ambiente en Toledo, E.U. de Ingeniería Técnica Agrícola (Ciudad Real) y E.U. Politécnica en Almadén.

En la figura 4.70 se muestra la distribución del número de documentos por año y la evolución anual de las citas recibidas por estos documentos.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Castilla-La Mancha, durante el periodo de estudio, asciende a 163 documentos, con una producción media de 23,29 documentos por año y una desviación media de 6 documento año. Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 1114, siendo la media de citas por documento de 6,83 y un índice-h de 15. En la segunda toma de datos, citas hasta 2010, obtienen un total de 1.584 citas con un promedio de 16,55 cita por documento, suponiendo un incremento del 142,19%. El índice-h se eleva a 27. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2006 para las citas recogidas en 2011 y 2004 para las recogidas en 2008.

El crecimiento de la producción es constante exceptuando el descenso observado durante los años 2001 y 2003, hallándose el mínimo y máximo de producción en los años 2000 y 2006 con 18 y 36 documentos respectivamente. Para el conjunto de documentos se observa una tendencia positiva en el crecimiento.



**Figura 4.70. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Castilla-La Mancha**

Todos los documentos publicados por los iq de esta universidad, dentro de la tipología estudiada y durante el periodo tratado, son artículos científicos. El idioma más utilizado es el inglés que alcanza el 98,77%. El idioma español es utilizado en dos documentos recogidos por la revista *Afinidad*, editada en España.

Los 163 documentos están publicados en 56 títulos distintos, encuadradas en 27 categorías ISI distintas. En relación a las revistas científicas destacamos la gran concentración en cuanto a la elección a la hora de publicar los resultados. El 27% de la producción está concentrada en 2 títulos; el 51% en 9. 22 revistas recogen el 75,54%. El 24,54% restante está disperso por 34 títulos distintos y dentro de este bloque existen 28 títulos que publican un único documento suponiendo el 17,18% de la producción. La revista que concentra el mayor número de documentos es *Industrial & Engineering Chemistry Research* que recoge el 18,40% de la producción (30 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Applied Catalysis A-General* con el 8,59% (14 docs.) de la producción. Los dos títulos siguientes, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* y *Chemical Engineering Science*, publican el 5,52% (9 docs.) y el 3,68% (6 docs.), respectivamente.

El 25,78% de los documentos están publicados por revistas clasificadas en la categoría temática *Chemical Engineering* (74 docs.), seguida de *Environmental Sciences* con revistas que publican el 12,54% de la producción (36 docs.). La categoría *Chemistry Physical* ocupa el tercer puesto con el 11,85% de la producción (34 documentos), seguida de *Chemistry Multidisciplinary* con el 6,62% (19 docs.) de la producción generada por estos investigadores. (Fig. 4.71).

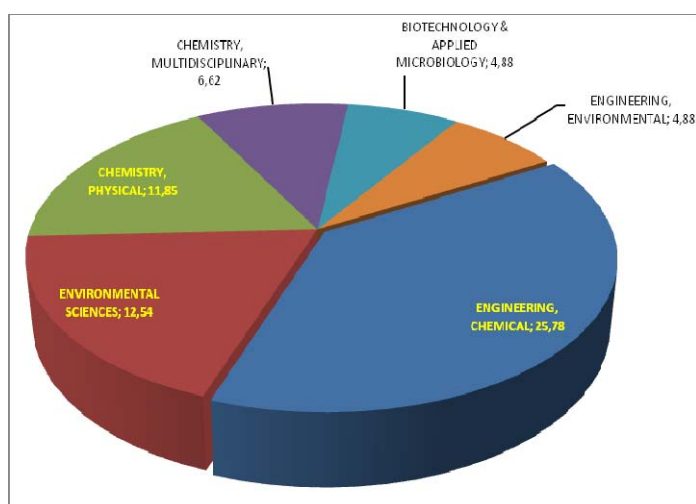


Figura 4.71. Categorías temáticas de la Universidad Castilla-La Mancha

La media de autores que firman los documentos (lc) está en 4,36 y la tasa de coautoría es del 100%.

Únicamente el 39,88% de los documentos (65 de 163) de estos investigadores en el periodo estudiado, hallados en las bases de datos de WoS, están en colaboración con otras instituciones o áreas ajenas. Dentro de este reducido número de documentos, se hallan 18 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 35 con instituciones internacionales y 11 colaboraciones intrauniversitarias. A nivel internacional estos investigadores colaboran con 13 países distintos, destacando, por número de colaboraciones, las 6 con Cuba, las 5 con Reino Unido y las 4 con Túnez. Con 3 colaboraciones están Méjico y USA; con 2, Alemania, Italia, Países Bajos, Oman, Perú y Suiza y con una colaboración Francia e Irán.

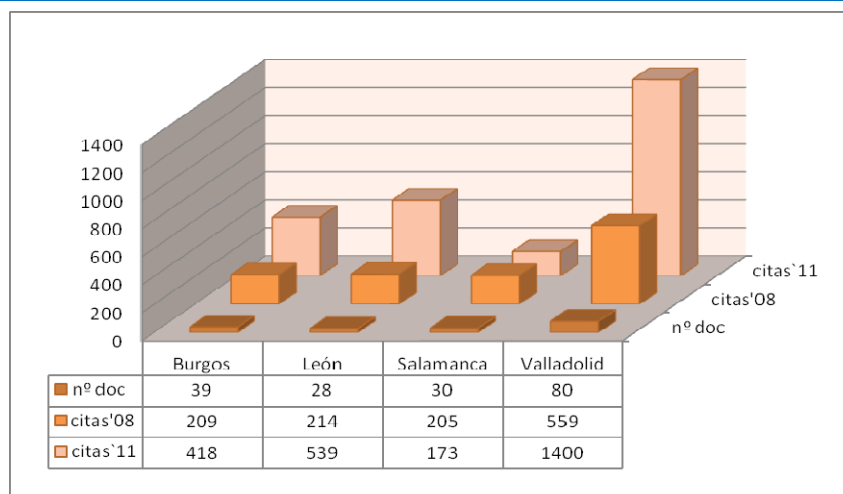
Las colaboraciones nacionales (18) están repartidas entre las 14 colaboraciones con otras universidades y 4 repartidas en centros de investigación (1) y empresas (3). Con la universidad que más colabora es con Extremadura (5 col.), todas ellas con el área de IQ de esta Universidad. Con una colaboración están las universidades de Cádiz, Granada, Rovira i Virgili, todas ellas con sus áreas de IQ respectivas. Con las universidades de Alcalá y Autónoma de Madrid colabora en una ocasión, pero con áreas distintas a la de IQ.

#### 4.7.7 Castilla y León

En la CCAA de Castilla y León existen ocho universidades de las cuales cuatro de ellas son universidades privadas y las cuatro restantes de titularidad pública. Las cuatro públicas tenían en su estructura un área de ingeniería química e impartíendose en dos de ellas, Salamanca y Valladolid, la titulación de Ingeniero Químico. Los nombres de las Universidades, el nombre que tenía el Departamento junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla 4.43 y figura 4.72.

**Tabla 4.43. Producción científica de las universidades de Castilla y León**

Universidad	Nº Documentos / Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Otr
Burgos	3	2	11	3	4	5	11	39	39	0	209	5,36	8	418	10,72	11	39	0	0
León	0	3	3	7	6	6	3	28	28	0	214	7,64	7	539	19,25	14	28	0	0
Salamanca	2	4	4	2	5	4	9	30	28	2	205	6,83	6	173	5,77	10	30	0	0
Valladolid	14	13	6	7	10	12	18	80	75	5	559	6,99	13	1400	17,50	21	80	0	0



**Figura 4.72. Producción científica y número de citas de las universidades de Castilla y León**

Se puede observar, que en esta CCAA. el primer puesto, tanto en número de documentos producidos en el periodo de tiempo estudiado como en número de citas, lo ocupa la Universidad de Valladolid, seguida de las Universidades de Burgos y Salamanca. El área de IQ de la Universidad de León se posiciona en cuarto lugar en número de documentos producidos pero en segundo lugar en cuanto a número de citas recibidas.

#### 4.7.7.1 Universidad de Burgos

El *Departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos*<sup>300, 301</sup> de la Universidad de Burgos se compone de personal adscrito a seis Áreas de Conocimiento: Bioquímica y Biología Molecular, Fisiología, Ingeniería Química, Medicina Preventiva y Salud Pública, Nutrición y Bromatología y Tecnología de los Alimentos, tenía sede en la Facultad de Químicas y con docencia, además, en la Escuela Politécnica y Facultad de Humanidades (Diplomatura en Terapia Ocupacional). El área de Ingeniería Química imparte docencia en las titulaciones de

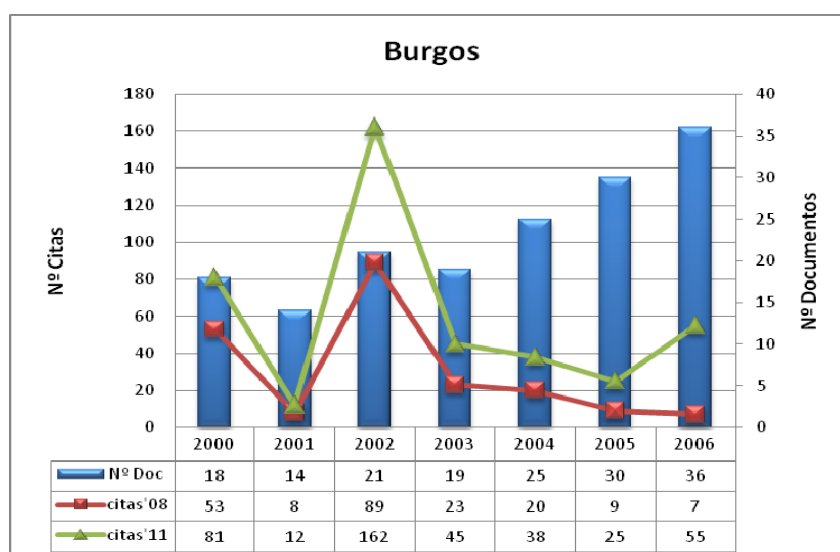
<sup>300</sup> Universidad de Burgos. Departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos. [En línea]. Disponible en: <http://www.ubu.es/ubu/cm/ubu/temas/DepByca> [consulta: enero 2012].

<sup>301</sup> Datos obtenidos del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Burgos en el año 2007. [En línea]. Disponible en: <http://ubu.es/es/seccioninvestigacion/memorias-investigacion-1> [consulta: enero 2012].

Ciencias Químicas, Ciencia y Tecnología de los Alimentos e Ingeniería Técnica Agrícola.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Burgos, durante el periodo de estudio, asciende a 39 documentos con una producción media de 5,57 documentos por año y una desviación media de 3,10 documento año.

La figura 4.73, muestra la distribución del número de documentos a lo largo de periodo estudiando así como la evolución anual del número de citas recibidas por éstos. Con tendencia de crecimiento positiva y oscilaciones durante todos los años, se observa en la producción un crecimiento constante a partir de 2003. El mínimo y máximo en cuanto a número de documentos corresponde a los años 2001 (2 docs.) y los años 2002 y 2006 para los cuales la producción recogida en las bases de datos WoS es de 11 documentos.



**Figura 4.73. Producción científica evolución de la citación de la Universidad de Burgos**

El conjunto de documentos de estudio, hasta 2007, obtiene 209 citas, con una media de cita por documento de 5,36 y un índice-h de 8. En la segunda toma de datos, citas hasta 2010, obtienen un total de 418 citas con un promedio de 10,72 cita por documento (fig. 4.73), suponiendo un incremento del 100%. El índice-h se eleva a 11. El máximo de citas en ambos casos le corresponde a los documentos publicados en 2002.



Todos los documentos recuperados son artículos científicos y todos los documentos están redactados en inglés

Los 39 documentos recogidos en las bases de datos de WoS de estos iq están muy repartidos en 21 revistas científicas. Un único título acapara el 15,28% de la producción y los dos primeros, en cuanto a producción, el 23% de la producción. Seis títulos son necesarios para llegar al 48,72% y once para alcanzar el 74,36%. Para recoger el 25,64% restante se necesitan 10 títulos más, los cuales publican un sólo documento durante el periodo estudiado.

El mayor número de documentos están publicados en la revista *Journal of Chemical and Engineering Data* (15,38% de la producción; 6 docs.). Los tres títulos siguientes acumulan, cada uno de ellos, el 7,66% de la producción (3 docs.). Estos son: *Chemical Engineering Research & Design*, *Desalination* y *Journal of Supercritical Fluids*.

El 37,33% de los documentos están en revistas clasificadas en la categoría *Chemical Engineering* (28 docs.). *Chemistry Multidisciplinary* recoge el 25,64% de los documentos (10 docs.); *Water Resources* el 9,33%; *Environmental Sciences* el 8% (6 docs.) y *Chemistry Physical* y *Engineering Environmental* el 6,67% (5 docs.) (fig. 4.74).

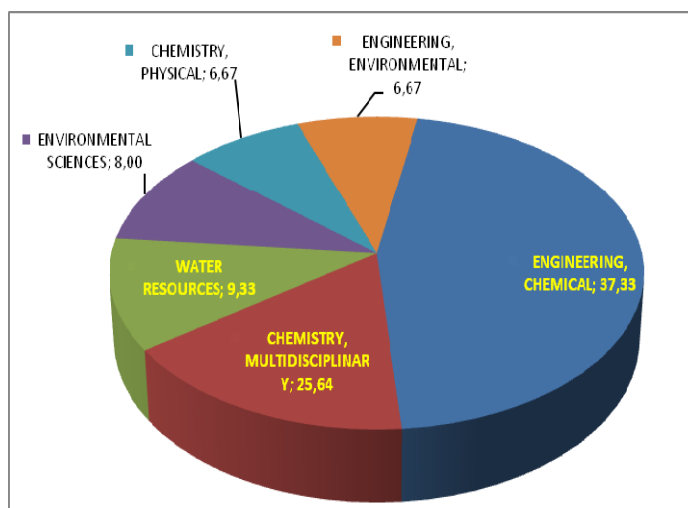


Figura 4.74 Categorías temáticas de la Universidad de Burgos

El promedio de autores por documento (lc) es de 4 y la tasa de coautoría del 100%.

En relación a la colaboración de los iq de la Universidad de Burgos, destaca el alto grado de colaboración que tienen estos investigadores en el periodo estudiado. Así, el 61,54% de los documentos están elaborados en colaboración. Dentro de este grupo de documentos (24), se hallan 19 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 6 colaboraciones internacionales y únicamente una colaboración con otra área de la propia universidad (intrauniversitaria).

Los iq de la Universidad de Burgos únicamente mantienen colaboración con tres países, siendo Alemania el país con quien más colabora (4) y con Cuba y Méjico en una única ocasión.

A nivel nacional estos investigadores elaboran documentos conjuntamente con cuatro universidades, destacando las 14 colaboraciones con el área de IQ de la Universidad de Oviedo. Con las otras tres universidades, Valladolid, Complutense de Madrid y Valencia, colabora en una ocasión con cada una de ellas. El documento en colaboración con la Universidad de Valladolid está realizado con el área de IQ.

#### 4.7.7.2 Universidad de León

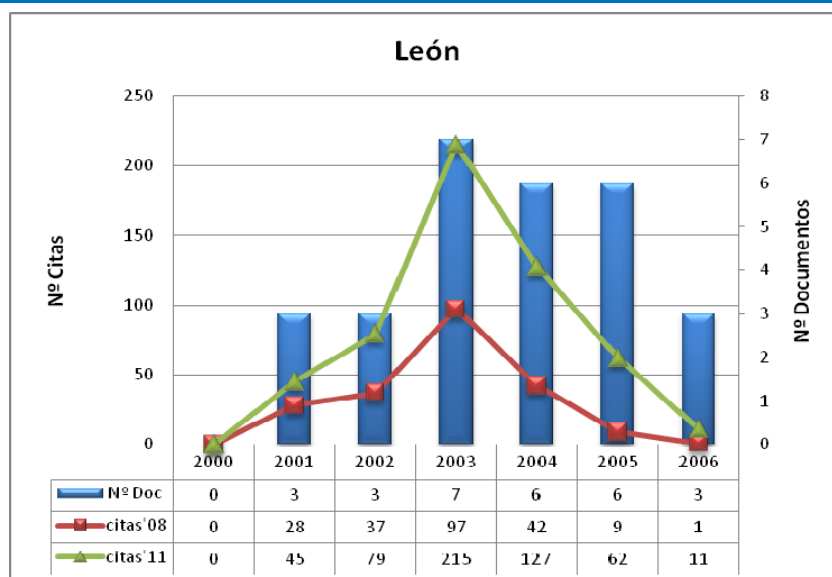
La Universidad de León tiene en su estructura departamental al *Química y Física Aplicadas*<sup>302</sup>, compuesto por personal adscrito a tres áreas de conocimiento, *Física Aplicada*, *Ingeniería Química*, *Química Analítica*<sup>303</sup>. En la Universidad de León no se impartía la titulación de Ingeniero Químico.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de León, durante el periodo de estudio, asciende a 28 documentos con una producción media de cuatro documentos por año y una desviación de dos documentos año. La figura 4.75 muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando que, aunque el número de documentos por año no es elevado, la tendencia del crecimiento es positiva.

---

<sup>302</sup> Universidad de León. Departamento de Química y Física Aplicadas. [En línea]. Disponible en: <http://departamentos.unileon.es/quimica-y-fisica-aplicadas/areas/> [consulta: enero 2012].

<sup>303</sup> En la actualidad está compuesto por estas áreas de conocimiento más la de Química Física.



**Figura 4.75. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de León**

En el periodo que se estudia, la producción recogida en las bases de datos WoS, comienza en el segundo año de estudio (2001) obteniéndose los mismos resultados para el año siguiente (tres documentos). Durante 2003 la producción es superior al doble (siete documentos) descendiendo durante el bienio 2004-2005 que baja con respecto al anterior en un documento pero duplica a los datos obtenidos durante los dos años iniciales con producción. Durante el año 2006 el número de documentos de estos investigadores vuelve a bajar a niveles del bienio 2001-2002 (tres documentos).

La figura anterior (fig.4.75) refleja, a su vez, la evolución de la citación. El conjunto de documentos de estudio obtiene 214 citas hasta 2007, con una media de cita por documento de 7,64 y un índice-h de 7. Hasta 2010 (citas'11) el número de citas recibidas por estos documentos asciende a 539, siendo el promedio de citas por documentos de 19,25 y el índice-h de 14. El incremento producido en número de citas es del 151,87%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2003.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma utilizado para redactar los trabajos es el inglés.

Los 28 documentos de estudio están publicados en 16 revistas científicas distintas, clasificadas éstas en 14 categorías.

Las dos revistas con mayor producción acumulan el 32,14% del total de documentos generados por estos investigadores. El 50% de la productividad de los investigadores leoneses están publicados en 4 títulos y el 75% en 9. El 25% de la producción restante está publicada en 7 revistas. El 35,71% de la producción está agrupada en revistas con un solo documento durante el periodo estudiado.

El mayor número de documentos los reúne la revista *Fuel*, con el 17,86% de la producción (5 docs.). La segunda más utilizada es *Bioresource Technology* que aúna el 14,29% de la producción (4 docs.) y, en tercer lugar, *Thermochimica Acta* con tres documentos (10,71%). El cuarto puesto lo comparten, con el 7,14% y 2 documentos cada una, las revistas *Fuel Processing Technology*, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* y *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*.

El 19,35% de los documentos están clasificados en la categoría *Energy & Fuels* (12 docs.); en *Chemical Engineering*, el 17,74% de la producción (11 documentos); en *Chemistry Analytical*, el 12,90% (8 docs.) y la categoría *Biotechnology & Applied Microbiology* el 11,29% (7 docs.) (fig.4.76).

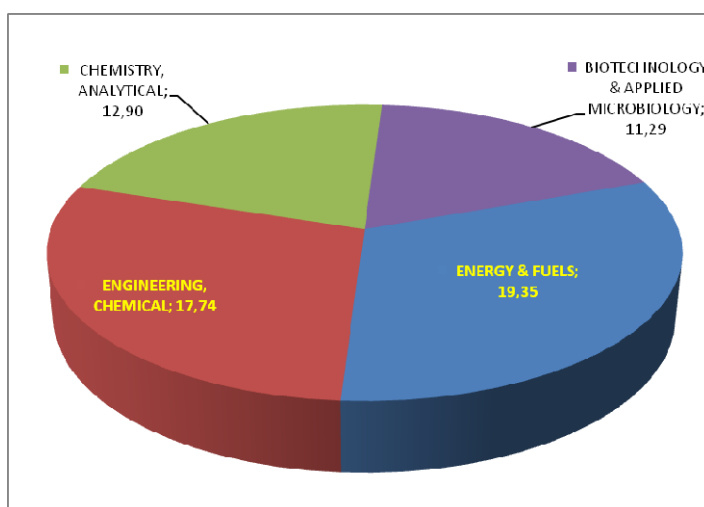


Figura 4.76. Categorías temáticas de la Universidad de León

La media de autores que firman los documentos (lc) es de 4,71% con la tasa de coautoría es del 100%.

De los 28 registros hallados para los ingenieros químicos de la Universidad de León, el 50% de ellos están elaborados con investigadores de otras instituciones o áreas distintas a la suya. Dentro de este grupo de documentos (14) se hallan, 5 con

distintas instituciones nacionales, 6 con internacionales y 5 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

Destaca que estos investigadores, a nivel nacional, no colaboran con otras universidades, manteniendo únicamente colaboración con centros de investigación (3) y con empresas (2).

A nivel internacional, los investigadores iq de la Universidad de León, colaboran únicamente con 3 países, Reino Unido, USA y Portugal, con 3, 2 y 1 colaboraciones, respectivamente.

#### 4.7.7.3 Universidad de Salamanca

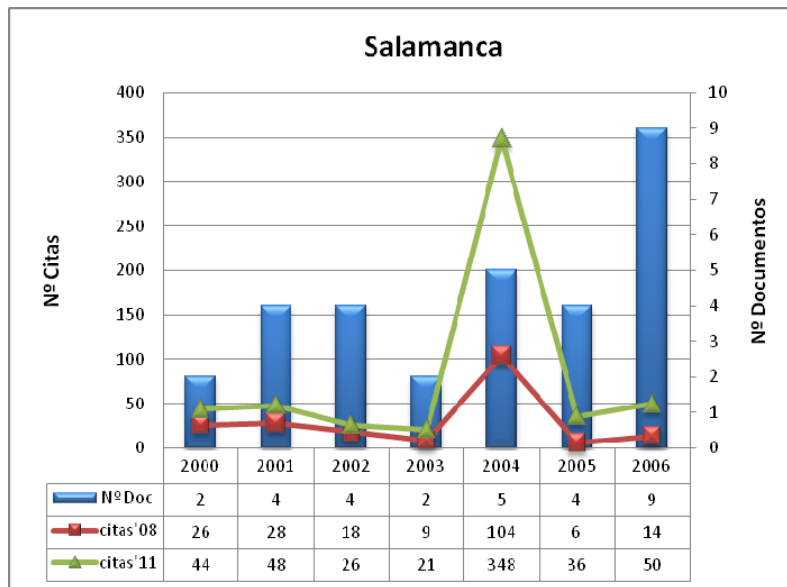
El *Departamento de Ingeniería Química y Textil*<sup>304</sup> de la Universidad de Salamanca se compone de personal adscrito a dos Áreas de Conocimiento, *Ingeniería Química e Ingeniería Textil y Papelera*, con sede en la Facultad de Ciencias Químicas, donde se imparte la titulación de Ingeniero Químico y docencia, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de esta Universidad, durante el periodo de estudio, es de 30, con una producción media de 4,29 documentos por año y una desviación media de 1,55.

La figura. 4.77 muestra la evolución anual de la producción del área de IQ de esta universidad así como de las citas recibidas. Se observa un crecimiento positivo, aunque pequeño, durante los tres primeros años (entre 2 y 4 documentos). En 2003 desciende la producción a los mismos valores que en el primer año de estudio (2 docs.) y a partir de este año crece, aunque en poca medida, exceptuando el pequeño descenso en 2005.

---

<sup>304</sup> Universidad de Salamanca. Departamento de Ingeniería Química y Textil. [En línea]. Disponible en: <http://campus.usal.es/~ingquimica/caste2.htm> [consulta: enero 2012].



**Figura 4.77. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Salamanca**

El conjunto de documentos de estudio obtiene, hasta 2007, 205 citas. El promedio de cita por documento es de 6,83 y el índice-h es de 6. Hasta 2010 el número de citas recibidas es de 573, siendo la media de citas por documento de 19,10 y el índice-h de 10. El incremento en número de citas fue del 179,51%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2004 en ambos casos.

Todos los documentos recuperados están redactados en inglés. El 93,33% son artículos científicos (28 docs.) y el 6,67% restante son review (2 docs.).

Los treinta documentos producidos por los iq de la Universidad de Salamanca están publicados en un total de 17 revistas distintas, enmarcadas éstas en 12 categorías temáticas.

La revista con mayor producción publica el 26,67% de los documentos generados por estos investigadores, necesitándose únicamente cuatro títulos más para alcanzar el 50% de la producción y diez para llegar al 76,67%. Para reunir el resto se necesitan 7 títulos más. El 36,67% de la producción está en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (11 revistas).

La revista *Industrial & Engineering Chemistry Research* publica el 26,67% de la producción (8 docs.). La segunda más utilizada es *Process Biochemistry* con el 10%

de la producción (3 docs.). El tercer puesto lo comparten cuatro títulos con el 6,67% y 2 documentos cada una: *Chemical and Biochemmical Engineering Quarterly*, *Chemical Engineering Journal*, *Chemical Engineering Science* y *Waste Management*.

El 24,44% de los documentos están clasificados en la categoría temática *Chemical Engineering* (22 docs.); en *Biotechnology & Applied Microbiology*, el 8,89% (8 docs.) y el 3,33% en las categorías *Biochemistry & Molecular Biology* y *Engineering Environmental* (fig. 4.78).

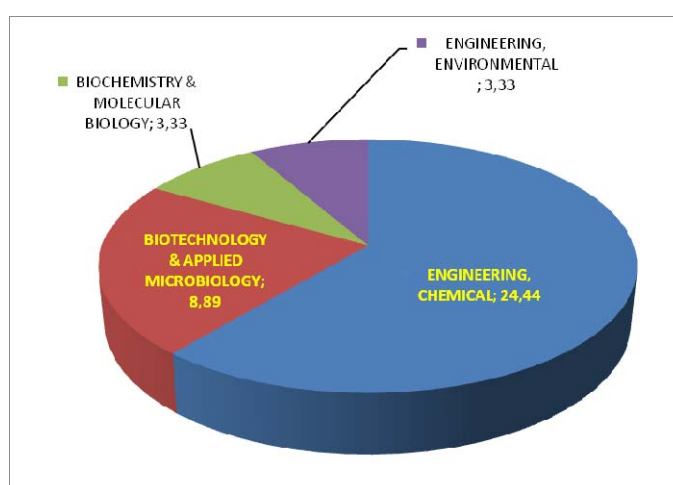


Figura 4.78. Categorías temáticas de la Universidad de Salamanca

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) es de 3,33 y la tasa de coautoría del 99%.

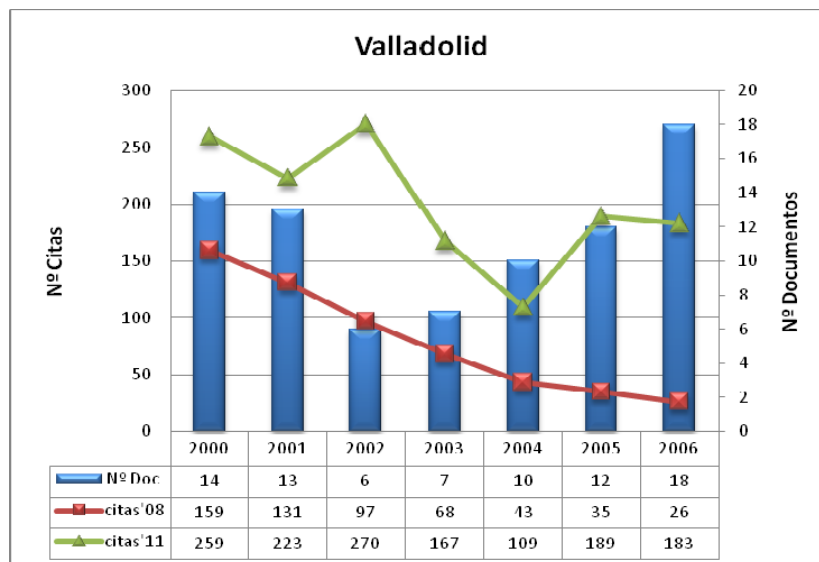
En relación a la colaboración de los  $I_q$  de la Universidad de Salamanca, destaca el poco grado de colaboración que tienen en el periodo estudiado. Únicamente el 23,33% de los documentos están elaborados en colaboración. Dentro de éste reducido número de documentos (7) se encuentran 2 con otras instituciones nacionales, 6 con instituciones internacionales y 3 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

Destaca que los  $I_q$  de la Universidad de Salamanca, en el periodo estudiado, mantienen mayor grado de colaboración a nivel internacional que nacional. A nivel nacional únicamente colabora en dos ocasiones con la Universidad de Valladolid, ambas con miembros del área de IQ. A nivel internacional mantiene colaboración con 5 países: Países Bajos (2 col.), Alemania, Portugal, Reino Unido y Rumania, con una colaboración con cada uno de ellos.

#### 4.7.7.4 Universidad de Valladolid

El *Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente* de la Universidad de Valladolid se compone de personal adscrito a dos Áreas de Conocimiento: Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente. Tiene sede en la Facultad de Ciencias donde se imparte la titulación de Ingeniero Químico y docencia, además, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y en la Escuela Universitaria Politécnica

La figura 4.79 muestra la evolución anual de la producción de los iq de la Universidad de Valladolid, así como de las citas recibidas.



**Figura 4.79. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Valladolid**

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Valladolid, durante el periodo de estudio, es de 80 documentos, con una producción media de 11,43 documentos por año y una desviación de 3,22. El número de documentos, durante el periodo de estudio, oscila entre seis y dieciocho que corresponden a los años 2002 y 2006. En cuanto a la producción, pueden observarse dos periodos. Uno inicial, con tendencia negativa (2000-2002) llegando al mínimo de producción en 2002 con seis documentos. Un segundo periodo positivo, en el que año a año crece la producción hasta alcanzar el máximo en 2006 con dieciocho documentos.



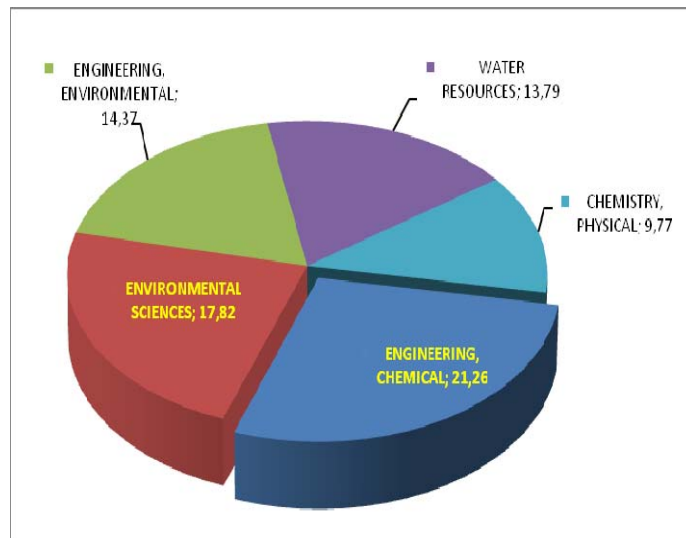
El conjunto de documentos de estudio obtiene 559 citas hasta 2007, siendo la media de cita por documento de 6,99 y el índice-h de 13. Hasta 2010, el total de citas recibidas asciende a 1400 (17,50 citas por documento; índice-h = 21). El incremento producido es del 150,45%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2002 para las citas recogidas en 2011 y 2000 para las recogidas en 2008.

Todos los documentos están escritos en inglés. El 93,75% son artículos científicos (75 docs.) y el resto, el 6,25%, son review (5 docs.). Los 80 documentos están publicados en 32 revistas científicas distintas, clasificadas éstas en 20 categorías temáticas.

La mayor producción está concentrada en dos revistas (32,50% del total los documentos). El 49% está publicado en 4 títulos y el 75% en 12 títulos distintos. Para reunir la producción restante se necesitan 20 títulos más. El 26,25% de la producción está en revistas que publican un sólo documento (21 revistas) durante el periodo des estudio.

La revista *Water Science and Technology* acapara el mayor número de documentos (17,50% de la producción; 14 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Supercritical Fluids* con el 15% de la producción (12 docs.). En tercer y cuarto lugar, en cuanto a número de documentos publicados, se hallan *Water Research* y *Journal of Chemical and Engineering Data*, con el 8,75% (7 docs.) y 7,50% (6 docs.), respectivamente. En total estas cuatro publicaciones computan el 49% de la producción.

El 21,26% de los documentos están recogidos por revistas clasificadas en la categoría temática *Chemical Engineering* (37 docs.). *Environmental Sciences* agrupa el 17,82% de la producción (31 docs.); *Engineering Environmental* el 14,37% de los documentos (25) y el 13,79% (24 docs.) y el 9,77% (17 docs.), están publicados en revistas de las categorías *Water Resources* y *Chemistry Physical*, respectivamente (fig. 4.80).



**Figura 4.80. Categorías temáticas de la Universidad de Valladolid**

El promedio de autores que firman los distintos documentos ( $I_c$ ) es de 3,79 y la tasa de coautoría del 100%.

El 45% de los documentos están elaborados en colaboración con otras instituciones o áreas. Destaca que estos investigadores mantienen mayor colaboración a nivel internacional que nacional. Así, de los 36 documentos realizados en colaboración, 15 son con instituciones nacionales y 29 internacionales. A nivel intrauniversitario, colaboran en 8 ocasiones. A nivel internacional, tienen documentos en colaboración con 11 países distintos: con Chile 6; con Cuba y Holanda 5; con Marruecos, 3; con Alemania, Reino Unido y USA, 2 colaboraciones con cada país y, con Austria, Portugal, Suecia y Suiza, una colaboración con cada uno de ellos.

Las colaboraciones nacionales (15) están repartidas entre las 5 con otras universidades y las 10 restantes con centros de investigación (5) y empresas (5). Sostiene colaboración con distintas universidades: dos con la Universidad de Salamanca y una con las Universidades de Burgos y País Vasco (IQMA), todas ellas con investigadores de las áreas respectivas de IQ.

### 4.7.8. Cataluña

En la CCAA de Cataluña existen doce universidades y, de ellas, ocho son de titularidad pública. De las públicas seis tienen en su estructura un área de Ingeniería Química y dentro de conjunto de titularidad privada la de la Universidad Ramón LLull. Los nombres de las Universidades, junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla siguiente (tabla 4.44).

**Tabla 4.44 Producción científica de las universidades de Cataluña**

Universidad	Nº Documentos/ Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Otr
Aut de Barcelona	11	10	19	12	23	21	26	122	117	5	777	6,37	13	1794	14,70	24	121	1	0
Barcelona	15	8	21	13	24	26	33	140	137	3	1159	8,28	16	2704	19,31	26	137	3	0
Girona	13	14	9	10	12	21	26	105	104	1	424	4,04	9	173	1,65	10	100	5	0
Lleida	1	1	5	2	7	13	12	41	41	0	202	4,93	8	444	10,83	12	40	1	0
Polit de Cataluña	89	81	89	73	76	90	85	583	569	14	3610	6,19	21	7247	12,43	34	573	10	0
Ramón Llull	3	0	4	6	1	2	0	16	16	0	242	15,13	5	419	26,19	5	13	2	1
Rovira i Virgili	19	34	42	38	50	59	61	303	298	5	2315	7,64	21	12781	42,18	35	301	1	1

La figura 4.81 muestra la producción obtenida para cada una de las de las Universidades Catalanas con área de IQ. Observamos que, tanto en número de documentos como en citas recibidas, la Universidad Politécnica de Cataluña ocupa el primer lugar, seguida de las Universidades Rovira i Virgili y la de Barcelona, pero, como se observa en la tabla, ésta última adelanta a Rovira i Virgili en proporción de cita por documento.

A continuación se detallan los datos obtenidos por los IQ de las distintas Universidades Catalanas en las que están presentes.

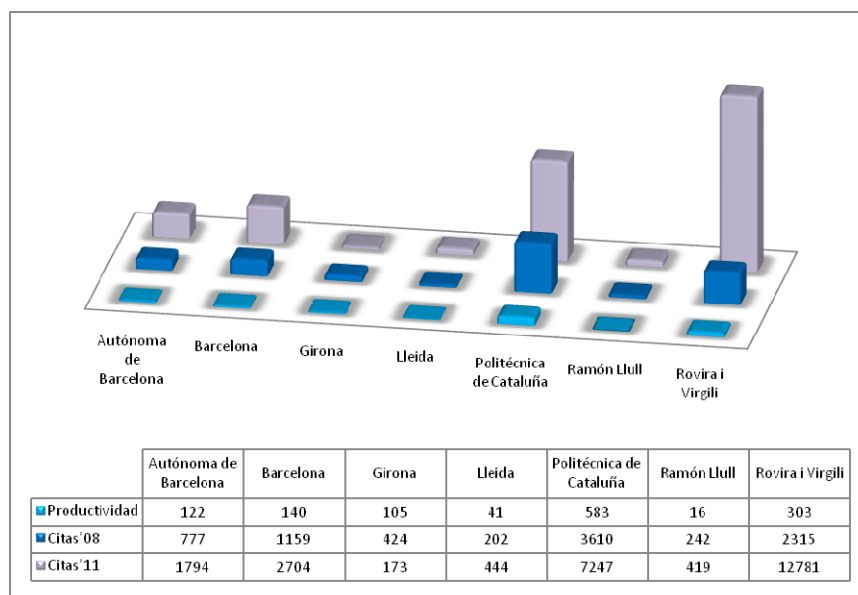


Figura 4.81. Producción científica de las universidades de Cataluña

#### 4.7.8.1 Universidad Autónoma de Barcelona

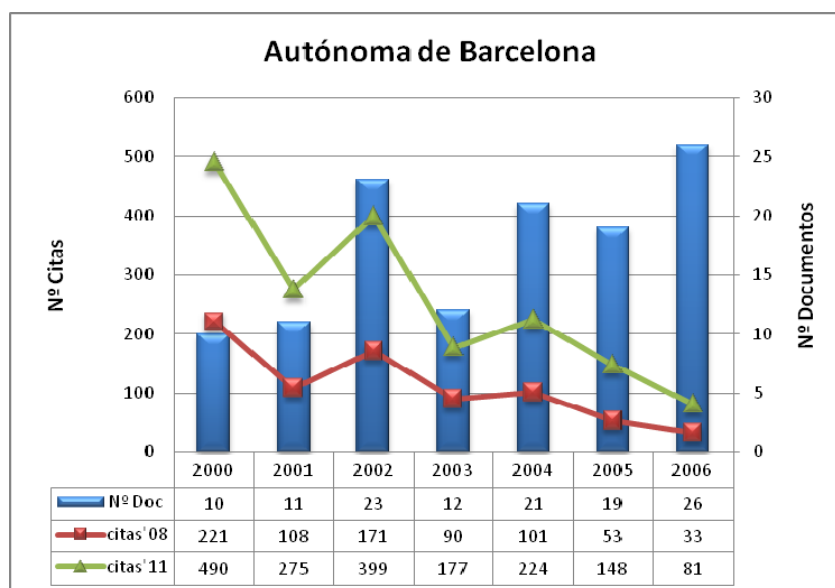
El *Departamento de Ingeniería Química* de la Universidad Autónoma de Barcelona<sup>305</sup> se compone de personal adscrito al Área de Conocimiento de Ingeniería Química, tenía sede en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la que se imparte el título de IQ.

La figura siguiente (fig. 4.82), muestra la evolución de la productividad de estos investigadores, así como de las citas recibidas durante el periodo de estudio, donde se puede observar la tendencia positiva en la producción a lo largo del periodo estudiado. Con una producción irregular, aunque más estable en los últimos años de estudio, se obtienen el máximo y mínimo de producción en los años extremos del periodo estudiado (2000 y 2006) con una producción de 10 y 26, respectivamente.

El número de documentos publicados por los miembros del área de *Enginyeria Química*, durante el periodo de estudio, asciende a 122 documentos, con un promedio de 17,43 documentos por año y una desviación de 5,51. Hasta 2007, el conjunto de

<sup>305</sup> Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.uab.cat/servlet/Satellite/departamento-de-ingenieria-quimica-1295852697326.html> (consulta: marzo 2012).

documentos de estudio obtiene 777 citas, con una media de cita por documento de 6,37 y un índice-h de 13. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 1794, siendo el promedio de citas por documento de 14,70 y el índice-h de 24. El incremento en número de citas fue del 139,89% (fig. 4.82). Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponde con los publicados en el año 2000.



**Figura 4.82. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Autónoma de Barcelona**

De los dos tipos de documentos estudiados, el artículo científico obtiene el 95,90% del total de su producción (117 documentos), publicando durante el periodo estudiado cinco review (4,1%). En cuanto al idioma en los que están publicados los distintos documentos, el 99,18% (121 docs.) están en inglés y un único documento (0,82%) está publicado en español (revista *Afinidad*).

Los 122 documentos están publicados en 44 títulos distintos y clasificados en 27 categorías *ISI* distintas. En relación a las revistas científicas destacamos la gran concentración en cuanto a la elección de las mismas para publicar los resultados. El 25,41% de la producción está concentrada en sólo 3 títulos; el 51,64% en 7 títulos y 15 revistas agrupan el 76,23%. El 23,77% restante está repartido en 29 títulos distintos y, todos ellos, únicamente publican un documento, de estos investigadores, a lo largo del periodo de estudio.

Siete títulos publican el 51,64% de la producción. La revista que recoge mayor producción es el *Journal of Biotechnology* que publica el 10,66% (13 docs.) del total de documentos de estos investigadores, en el periodo de estudio. Ocupando el segundo puesto nos encontramos a *Biotechnology Progress* y *Water Science and Technology*, que publican, cada una de ellas, el 7,38% (9 docs.) de la producción. El tercer puesto lo ocupan *Biotechnology and Bioengineering*, *Biotechnology Letters*, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* y *Process Biochemistry*, cada una de ellas con el 6,58% (8 docs.) de la producción.

Las seis categorías temáticas que se muestran en la figura 4.83, incluyen las revistas que publican mayor producción. Así, el 32,89% de los documentos están en revistas de la categoría *Biotechnology & Applied Microbiology*; el 12,28%, en *Engineering Chemical*; el 11,40 en *Environmental Sciences*; el 10,09%; *Engineering Environmental*; el 7,46% en *Water Resources* y el 6,14% de los documentos están publicados en revistas de la categoría *Biochemistry & Molecular Biology*.

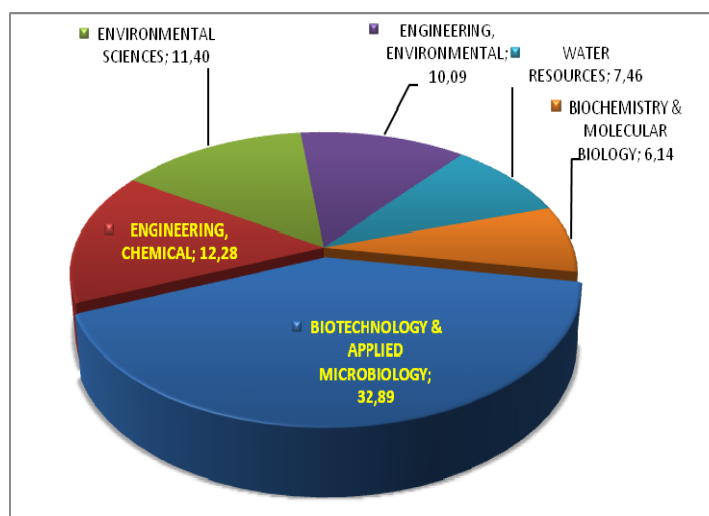


Figura 4.83. Categorías temáticas de la Universidad Autónoma de Barcelona

El número medio de autores firmantes por documento es de 4,70 autores por trabajo, siendo la tasa de coautoría del 99,19%.

En cuanto a la colaboración de los investigadores de la UBA, cabe destacar el alto grado de colaboración que tienen estos investigadores durante el periodo de tiempo estudiado. Así, el 63,93% (78 docs.) de los documentos están publicados en colaboración, hallándose 40 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 41 con

instituciones internacionales y 22 con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional los investigadores iq de la Universidad Autónoma de Barcelona colaboran con 16 países distintos, destacando por número de documentos en colaboración, las 7 con los Países Bajos, seguidas de las 5 colaboraciones con Chile y con USA y las 4 con Alemania. Con 3 colaboraciones se hallan Bélgica, Italia y Reino Unido; con 2 Brasil y Francia y con una única colaboración, Australia, Austria, Canadá, Finlandia, Portugal, Suiza y Venezuela.

Las colaboraciones nacionales (40) están repartidas entre las 24 con otras universidades y las 16 con centros no universitarios. Dentro del grupo de universidades, con la que establece mayor colaboración es con la Politécnica de Cataluña que lo hace en 14 ocasiones (una sola vez con el área de IQ de esta universidad). Con tres colaboraciones se halla la Universidad Complutense de Madrid y con dos las Universidades gallegas de Santiago de Compostela (ambas con el área de IQ) y Vigo (una colaboración con el área de IQ). Con las Universidades catalanas de Girona y Rovira i Virgili mantiene colaboración en una ocasión y es con el área de IQ de las mencionadas universidades. Las colaboraciones con centros no universitarios están repartidas entre empresas (7 colab.), CSIC (6 col.), hospitales (2 col.) y otros centros de investigación (1 col.)

#### 4.7.8.2 Universidad de Barcelona

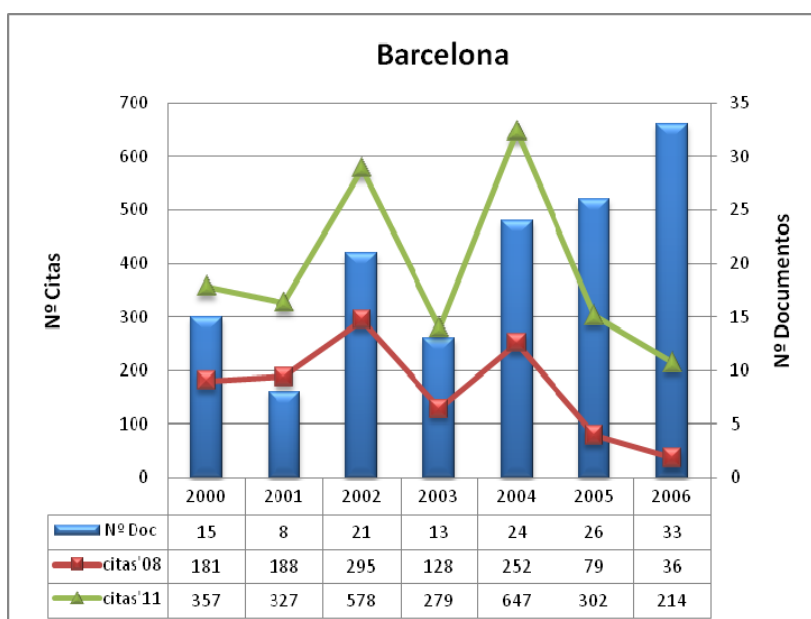
El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>306</sup> de la Universidad de Barcelona se compone de personal adscrito al Área de Conocimiento de Ingeniería Química, con sede en la Facultad de Química. Fue creado en 1986 y agrupaba los profesores del área de Ingeniería Química (del entonces en el denominado Departamento de Química Técnica) y los profesores del área de Ciencias de Materiales e Ingeniería Metalúrgica (agrupados en aquél entonces en el Departamento de Metalurgia). En el año 2001 se crea la unidad de Ingeniería Química, previo a la creación del Departamento de Ingeniería Química actual. Tiene docencia en las titulaciones de Ingeniería Química, Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Ciencias Ambientales y Química.

---

<sup>306</sup> Universidad de Barcelona. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.ub.edu/eq/> [consulta: marzo 2012].

El número de documentos publicados por los investigadores de este departamento, durante el periodo de estudio, es de 140 documentos, con una producción media de 20 documentos por año y una desviación media de 6,86.

La figura 4.84 muestra tanto la evolución anual de la producción del área de IQ de esta universidad como de las citas recibidas, observándose un crecimiento en su producción con tendencia positiva en el periodo estudiado. Con una producción irregular, aunque más estable en los últimos años de estudio, se obtienen el mínimo y el máximo para los años 2001 y 2006 con 8 y 33 documentos, respectivamente.



**Figura 4.84 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Barcelona**

Hasta 2007, el número de citas recibidas por el conjunto de documentos es de 1.159, siendo la media de citas por documento de 8,28 y el índice-h de 16. Hasta 2010 el número de citas asciende a 2704 (19,31 citas/documentos; índice-h=26), suponiendo un incremento del 133,30%. Los documentos que recogen mayor número de citas en las dos tomas de datos se corresponden con los del 2002 en la primera toma de datos y con los del 2004 en la segunda.

De los dos tipos de documentos estudiados, el artículo obtiene el 97,86% del total de su producción (137 documentos), publicando durante el periodo estudiado tres review (2,14%). En cuanto al idioma en los que están publicados los distintos



documentos el 97,86% (137 docs.) están redactados en inglés y tres documentos (2,14%) están publicados en español. Los documentos que utilizan el idioma español son artículos publicados en las revistas *Afinidad*, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* y *Ciencias Marinas*.

Los 140 documentos están publicados en 62 títulos distintos, encuadradas en 32 categorías ISI distintas. El 23,57% de la producción está concentrada en sólo 3 títulos; el 50% en 11 títulos y 27 revistas recogen el 75%. El 25% restante está publicado en 35 títulos distintos y con un sólo documento a lo largo del periodo de estudio.

Siete títulos recogen el 39,29% de la producción. La revista más productiva es *Industrial & Engineering Chemistry Research* que publica el 12,14% (17 docs.) del total los documentos generados por estos investigadores, en el periodo de estudio. Ocupando el segundo, se halla la revista *Water Science and Technology*, con el 6,43% de la producción (9 docs.). El tercer puesto lo ocupan *Catalysis Today* y *Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspect* que publican, cada una de ellas, el 5% (7 docs.) de la producción. Los títulos *Water Research*, *Journal of Colloid and Interface Science* y *Applied Catalysis B-Environmental*, publican el 4,29%, 3,57% y 2,86% (6, 5 y 4 docs.), respectivamente.

Las seis categorías que se muestran en la figura 4.85 clasifican las revistas que publican mayor producción. Así el 19,33% de los documentos están recogidos por revistas de la categoría temática *Engineering Chemical*; el 18,07% en *Chemistry Physical*; en *Engineering Environmental* el 11,76%; el 10,54% en *Environmental Sciences*; *Water Resources* clasifica el 7,56% y el 5,88% de los documentos están clasificados en la categoría *Polymer Science*.

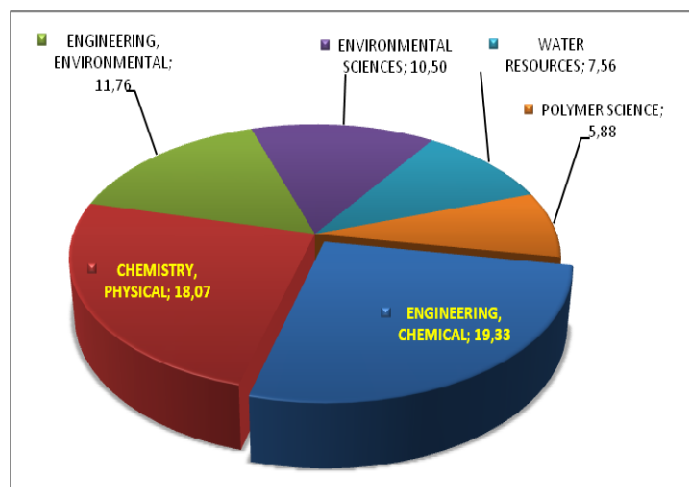


Figura 4.85. Categorías temáticas de la Universidad de Barcelona

El número medio de firmas por documento es de 4,05 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 100%.

En relación a la colaboración con investigadores de otras instituciones o de otras áreas de la propia universidad, destaca el alto índice de colaboración. Así, de los 140 documentos hallados para estos investigadores el 61,43% de ellos están elaborados en colaboración. De los 86 documentos elaborados en colaboración, 62 son con distintas instituciones nacionales, 49 internacionales y 6 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional, colaboran con 16 países distintos. Así destaca, las 11 colaboraciones con Venezuela, las 7 con Italia y las 5 con USA. Con 4 colaboraciones están Finlandia y Japón; con 2 colaboraciones hallamos a Alemania, Austria, Francia, Marruecos, Polonia, Suiza y Ucrania. En una ocasión colabora con Argentina, Hungría, Países Bajos y Suecia.

Los investigadores del área de IQ de la Universidad de Barcelona mantienen, en el periodo estudiado, colaboración con 9 universidades distintas. Con la Politécnica de Cataluña colabora en 22 ocasiones, 15 de ellas con el área de IQ de esta Universidad. Le siguen, Rovira i Virgili con 11 colaboraciones y de ellas 7 con el área de IQ y la Universidad de Lleida con quien colabora en 7 ocasiones, cinco de ellas con el área de IQ. Con la Autónoma de Barcelona y con la de Zaragoza colabora en dos ocasiones con cada una de ellas y con la última, en los dos casos, con el área de IQ de esta universidad. Con una colaboración encontramos a las universidades de Girona

(con área de IQ), Complutense y Politécnica de Madrid, Santiago de Compostela y Sevilla.

En relación a colaboración con entidades no universitarias, destaca las 10 colaboraciones con el CSIC. En menor grado, colabora en tres ocasiones con empresas y una con un organismo de su autonomía.

#### 4.7.8.3 Universidad de Girona

La Universidad de Girona se crea en el año 1992 e igualmente el Departamento de Ingeniería Química, Agraria i Tecnología Agroalimentaria. Este departamento aglomeró las unidades docentes de Ingeniería Química e Ingeniería Técnica Agrícola que pertenecen a la Universidad Politécnica de Cataluña y la unidad docente de Ingeniería Química perteneciente a la Universidad Autónoma de Barcelona.

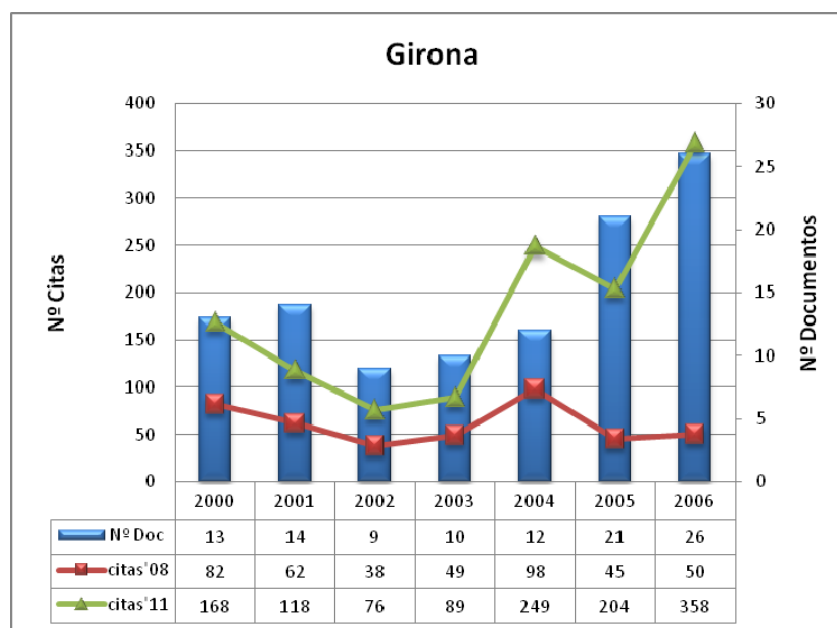
El *Departamento de Ingeniería Química, Agraria y Tecnología Agroalimentaria* de la Universidad de Girona, es la unidad<sup>307</sup> que agrupa al personal docente e investigador de la Universidad de Girona en los campos de ingeniería y tecnología química, ambiental, agraria y alimentaria. La sede del departamento está establecida en la Escuela Politécnica Superior y docencia también en la Facultad de Ciencias. El Departamento estaba compuesto de personal adscrito a ocho Áreas de Conocimiento: Economía, Sociología y Política Agraria, Edafología y Química Agrícola, Ingeniería Agroforestal, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Química, Producción Animal, Producción Vegetal y Tecnología de Alimentos.

La figura siguiente (fig. 4.86) muestra la evolución de la productividad de los investigadores del área de Ingeniería Química de la Universidad de Girona, así como de las citas recibidas. Se observa una tendencia positiva en su producción en el periodo estudiado, aunque en la mitad del periodo (2002-2004) existe un descenso en número de documentos. El mínimo y el máximo de la producción corresponden a los años 2002 y 2006 con 9 y 26 documentos, respectivamente.

---

<sup>307</sup> Universidad de Gerona. Departamento de Ingeniería Química, Agraria i Tecnología Agroalimentaria. [En línea]. Disponible en: <http://www.udg.edu/depeqata/Inici/tabid/3787/language/ca-ES/Default.aspx> [consulta: marzo 2012]

El número de documentos publicados por los investigadores del Área de *Enginyeria Química*, durante el periodo de estudio, fue de 105 documentos, con una producción media de 15 documentos por año y una desviación de 4,86. Hasta 2007 reciben 424 citas (4,04 citas por documento; índice-h de 9). Hasta 2010 el total de citas recibidas es de 1262 (12,02 citas/documentos; índice-h=18), lo que supone un incremento de 197,64%. El mayor número de citas hasta 2007, le corresponde a los documentos del año 2004 y los correspondientes al año 2006 en la segunda toma de datos (fig. 4.86).



**Figura 4.86. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Girona**

El 99,05% de los documentos estudiados son artículos científicos (104 docs.), publicando durante el periodo estudiado 1 review (0,95%). El idioma inglés es el utilizado en el 95,24% de los documentos (100 docs.) y los cinco restantes (4,76%) están en español. Los documentos que utilizan el idioma español son artículos publicados en la revista *Afinidad*.

Los 105 documentos están publicados en 51 títulos distintos, encuadradas en 28 categorías ISI distintas. Así, el 26,67% de la producción está concentrada en sólo 3 títulos; el 51,43% en 10 títulos y 25 revistas recogen el 75,24%. El 24,76% restante está en 26 títulos distintos. El 30,48% de la producción está en 32 títulos que publican, cada uno de ellos, un sólo documento a lo largo del periodo de estudio.

Siete títulos reúnen el 42,86% de la producción. La revista con mayor producción de estos investigadores, es *Water Science and Technology* con el 14,29%; (15 docs.) del total de documentos. Le siguen, *Afinidad* con el 6,67% de la producción (7 docs.); *Journal of Applied Polymer Science* con el 5,71% (6 docs.) y *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* el 4,76% (5 docs.). Los títulos *AI Communications*, *Chemosphere* e *Industrial & Engineering Chemistry Research*, publican el 3,81% (4 docs.), cada una.

Las seis categorías temáticas que se muestran en la figura 4.87, clasifican las revistas que publican mayor número de documentos de estos investigadores. Así, el 20,41% de los documentos están publicados en revistas de la categoría *Environmental Sciences*; el 13,27% en *Engineering Environmental*; el 10,71% en *Engineering Chemical*; el 9,18% *Water Resources* y con el 8,16% y 7,14% de los documentos en las categorías *Polymer Science* y *Chemistry Multidisciplinary*.

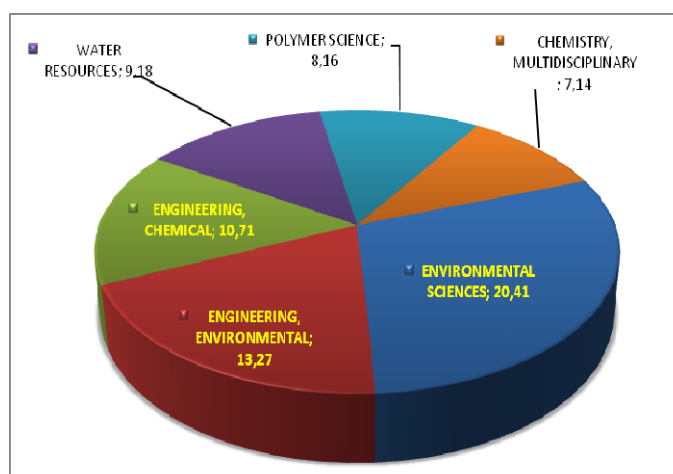


Figura 4.87. Categorías temáticas de la Universidad de Girona

El número medio de autores firmantes por documento es de 4,64 siendo la tasa de coautoría del 99,05%.

Destaca el alto grado de colaboración mantenida por los iq de esta universidad en el periodo estudiado. Así, el 80,95% de los documentos están elaborados en colaboración con otras instituciones (85 docs). Se hallan 66 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 34 con instituciones internacionales y 15 con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

Las 66 colaboraciones nacionales están repartidas entre, 53 con 11 universidades distintas y 13 con otros centros no universitarios. Dentro de estos últimos encontramos 5 colaboraciones el CSIC y servicios y/o entidades autonómicas, y 3 colaboraciones con distintas empresas. Con la Politécnica de Cataluña colabora en 36 ocasiones siendo 19 de ellas con investigadores del área de IQ de esa universidad. Con la Universidad Rovira i Virgili colabora en 4 ocasiones, tres de ellas con el área de IQ; con las universidades de Córdoba, Barcelona, Lleida y Santiago de Compostela, colabora en dos ocasiones. Las colaboraciones con Córdoba y Santiago de Compostela son con miembros del área de IQ, igualmente ocurre con una de las colaboraciones con la Universidad de Barcelona. Con una colaboración se encuentran las universidades de Alicante, Autónoma de Barcelona (con área de IQ), Cantabria, Complutense de Madrid (con área de IQ) y con la UNED.

Dentro de las 34 colaboraciones internacionales, estos investigadores mantienen colaboración con 10 países distintos, destacando las 14 colaboraciones con Francia y las 8 con Reino Unido y las 4 con Italia. Con 2 colaboraciones se hallan Canadá y Suecia y con una colaboración Bélgica, Canadá, China, Eslovenia y Venezuela.

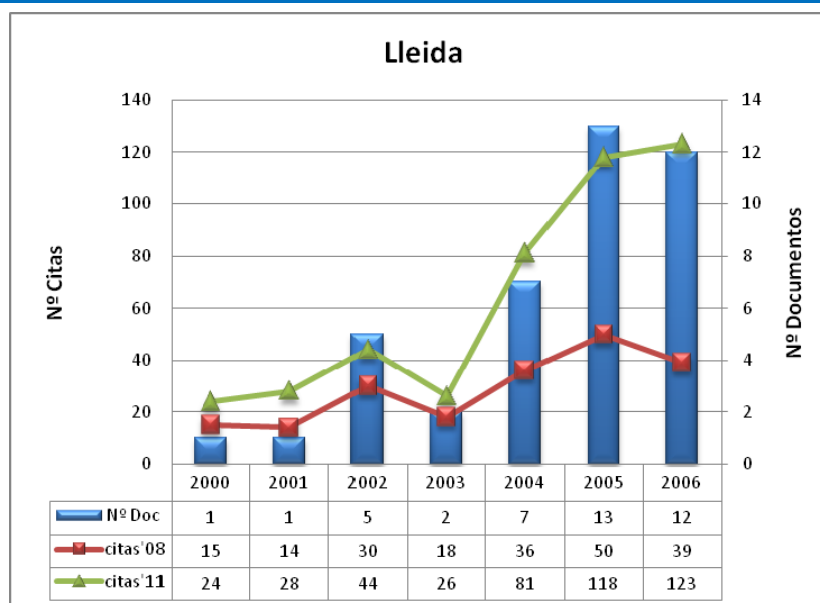
#### 4.7.8.4 Universidad de Lleida

El *Departamento de Química*<sup>308</sup> de la Universidad de Lleida, con sede en la ETSEA, estaba compuesto de personal adscrito a múltiples y pequeñas Áreas de Conocimiento, entre las cuales y con un único profesor, se hallaba la de Ingeniería Química

Durante el periodo de estudio, la productividad del área de IQ este departamento es de 41 documentos con un promedio de 5,86 documentos por año, observándose una desviación media de 4,12 documento año. El número de documentos oscila entre uno y trece que corresponden a los años 2000-2001 y 2005, respectivamente. La figura siguiente (fig. 4.88) muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando que, aún con poca producción, muestra una tendencia positiva.

---

<sup>308</sup> Universidad de Lleida. Departamento Química.[En línea].Disponible en: <http://www.deptetsea.udl.cat/dept/quimica/> [consulta: marzo 2012]



**Figura 4.88. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Lleida**

Del mismo modo, a figura anterior (fig. 4.88) refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. El número de citas registradas hasta 2007 asciende a un total de 202, siendo la media de citas por documento de 4,93 y el índice-h de 8. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 444 con una media de 10,83 de citas por documento y el índice-h de 12. El incremento de citas supone el 119,80%. Los documentos más citados, se corresponden a los publicados en el año 2005, en la primera toma de datos y a los del año 2006 en la segunda.

Todos los documentos son artículos científicos y el idioma inglés es el más utilizado (97,56%) para redactar los trabajos. El idioma español es utilizado en un artículo científico publicado en la revista nacional *Ciencias Marinas*.

Los 41 documentos de estos investigadores están publicados en 21 revistas científicas distintas, clasificadas éstas en 14 categorías temáticas.

Las dos revistas con mayor producción recogen el 24,39% del total de documentos y el 51,22% están publicados en 5 títulos. Para alcanzar el 75,61% de lo publicado se necesitan 11 títulos distintos y para el 24,39% restante se necesitan 13 títulos más. El 31,71% de la producción está en revistas que publican un solo documento, de estos investigadores, durante el periodo estudiado (13 rev).

Las cinco revistas que publican el 51,22% de la producción son las siguientes: *Journal of Organic Chemistry* y *Journal of Physical Chemistry B* publican, cada una de ellas, el 12,20% de la producción (5 docs.); *Chemical Physics* y *Chemical Physics Letters* el 9,76% (4 docs.) y con un 7,32% (3 docs.) la revista *Journal of Physical Chemistry A*.

El 70% de los documentos están recogidos por revistas clasificadas en 5 categorías: *Chemistry Physical* (28,46%), *Physics, Atomic, Molecular & Chemical* (16,42%); *Chemistry Organic* y *Polymer Science* (8,96%, cada una) y *Materials Science Multidisciplinary* (7,46%). Las cinco categorías temáticas se muestran en la figura 4.89.

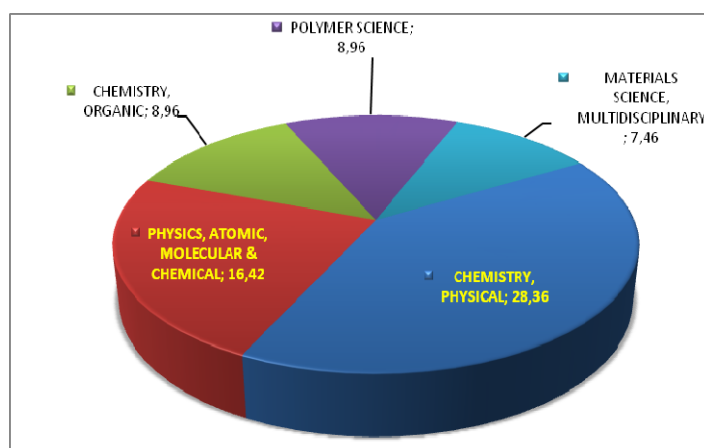


Figura 4.89. Categorías temáticas de la Universidad de Lleida

La media de autores que firman los documentos (Ic) es de 3,98 y la tasa de coautoría del 100%.

Destaca que el 100% de los documentos hallados para estos investigadores, en el periodo de estudio, están elaborados en colaboración. A nivel nacional se hallan 58 e internacional 21.

A nivel internacional la colaboración la realizan con 6 países distintos, destacando las 9 colaboraciones con USA, las 4 con Brasil y las 3 con Israel. Con Italia y Japón mantienen 2 colaboraciones en el periodo de estudio y con Alemania una.



De las 58 colaboraciones nacionales, 57 son con 5 universidades distintas y 1 con centros de investigación (CSIC). Con la universidad con quien mantiene mayor colaboración es la Politécnica de Cataluña, con quien lo hace en 40 ocasiones (39 de ellas con el área de IQ). En 9 ocasiones colabora con la Univ. de Barcelona, siendo 5 de ellas con miembros del área de IQ. Con la Universidad de Zaragoza colabora en 6 ocasiones y con Ramón Llull y Politécnica de Madrid en una ocasión.

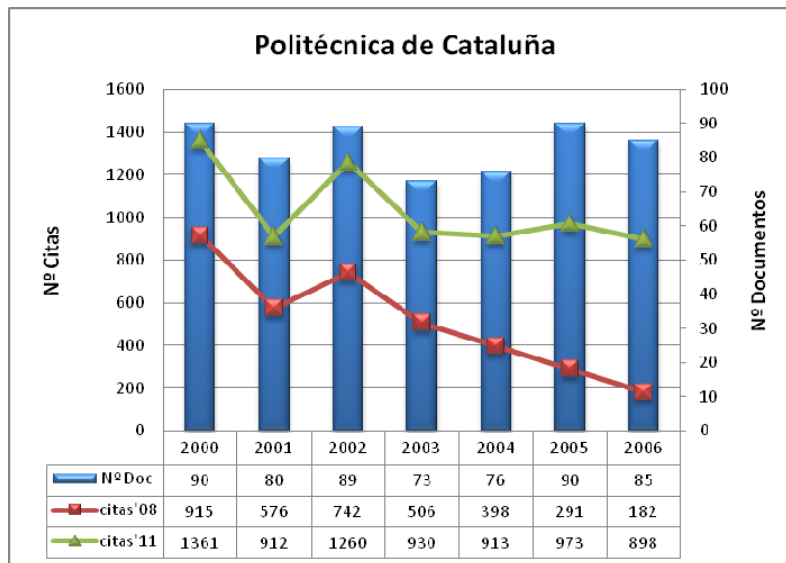
#### 4.7.8.5 Universidad Politécnica de Cataluña

El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>309</sup> de la Universidad Politécnica de Cataluña fue creado en 1988 como resultado de la Ley de Reforma Universitaria. Estaba presente en tres secciones: en Barcelona en la ETSEIB (sede principal), el de Tarrasa en la EET y en Vilanova i la Geltrú en la EPSEVG. Compuesto por personal del área de Ingeniería Química, imparten, entre otras, la titulación de IQ, siendo el área con mayor número de miembros de todos los departamentos estudiados.

El número de documentos publicados por el *Departamento de Ingeniería Química* de la Univ. Politécnica de Cataluña, asciende a 583 documentos, siendo la universidad con mayor producción dentro del grupo de universidades. Lo mismo ocurre en cuanto a volumen de citas que, hasta 2007 obtiene un total de 3.610 (índice-h =21). Respecto a la media de citas por documento (6,19) ocupa el puesto número 22. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 7.247 (índice-h =34), con una media de 12,43 citas por documento. El incremento de citas supone el 100,75%. Los documentos más citados, en ambos casos, son los publicados en el año 2000 (fig. 4.90).

---

<sup>309</sup> Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <https://dep.upc.edu/> [consulta: marzo 2012]



**Figura 4.90. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Cataluña**

La evolución es muy irregular, aunque siempre alta, con constantes picos que descienden y ascienden a lo largo del periodo de estudio, aún así la tendencia es ligeramente negativa. El mínimo y el máximo se encuentran en los años 2003 y 2000, con una producción de 73 y 90 docs., respectivamente. La media de documentos por año es de 83,29

En cuanto a la tipología estudiada, el artículo científico es el más utilizado, con el 97,6% de la producción, siendo el 2,40% restante el review. El idioma predominante es el inglés alcanzando el 98,28% del total y únicamente el 1,72% restante (10 docs.) está publicado en el idioma español. Los documentos en español son todos artículos científicos y están publicados en las revistas *Afinidad* (5 docs), *Ciencias Marinas* (1 doc.), *Grasas y Aceites* (1 doc.) y *Revista de Metalurgia* (3 docs.).

Los 583 documentos están publicados en 198 revistas científicas, clasificadas en 76 categorías distintas. En relación a las revistas destacamos que el 25,73% de la producción está concentrada en 8 títulos; que cerca del 50% (49,91%) está en 28 títulos y que para alcanzar el 75% ya se necesitan 73 títulos. 104 revistas publican un solo documento (17,84%).

Los documentos están muy dispersos en las revistas que recogen la producción. Las de mayor producción, durante el periodo de estudio, son: *Polymer* (5,66%; 33 docs.), *Industrial & Engineering Chemistry Research* (4,80%; 28 docs),

*Macromolecules* (4,12%; 24 docs.), *Journal of Polymer Science Part A-Polymer Chemistry* (2,92%; 17 docs.), *European Polymer Journal* (2,23%; 13 docs), *Macromolecular Chemistry and Physics* y *Journal of Applied Polymer Science* que recogen el 2,06% (12 docs.), cada una. *Computers & Chemical Engineering* recoge el 1,89% (11 docs.) y los títulos *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* y *Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics* recogen, cada una de ellas, el 1,72% (10 docs.). En conjunto, estas revistas recogen el 29,16% de la producción total.

Las cinco categorías temáticas en las que están clasificados las revistas que publican el 50,49% de la producción, se muestran en la figura 4.91. Se observa que alrededor del 18,74% de los documentos están publicados en revistas de la categoría *Polymer Science* y 11,70% en *Chemical Engineering*. El tercer puesto lo ocupa *Biochemistry & Molecular Biology* con el 8,88% y el cuarto y quinto lugar lo ocupan *Chemistry Physical* y *Chemistry Multidisciplinary* con el 6,18% y 4,98%, respectivamente.

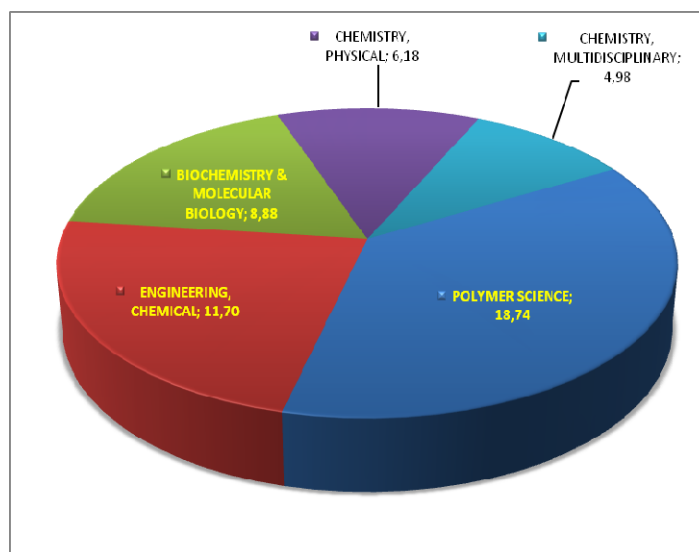


Figura 4.91. Categorías temáticas de la Universidad Politécnica de Cataluña

El número medio de autores firmantes está en 4,05 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 98%.

El 68,44% de los documentos estudiados están escritos en colaboración frente al 31,56% de los trabajos que únicamente están firmados por miembros del área de

IQ. Se hallan 190 colaboraciones con instituciones internacionales, 311 con distintas instituciones nacionales y 70 colaboraciones con distintas áreas de su propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional, estos investigadores colaboran con 29 países distintos, destacando que el 75% están concentradas en 10 países: 17,37% con los Estados Unidos; 12,11% con Francia; 8,95% con Reino Unido; 7,37% con Brasil; 6,84% con Canadá; 5,79% con Israel; 5,26% con Alemania; 5,26% con Italia y el 3,16% con Rusia o Venezuela. De las 311 colaboraciones 216 son con otras universidades españolas y 95 con otras entidades no universitarias.

A nivel de universidad, la mayor concentración de colaboraciones se halla en universidades de su propia CCAA, destacando las 77 con la Universidad de Barcelona y las 39 con la de Lleida. Con la Autónoma de Barcelona mantiene 28 colaboraciones; con la de Girona, 22 y con Rovira i Virgili 11. Con otras universidades españolas mantiene 38 colaboraciones, destacando las 13 con la de Sevilla, las 9 con la de Zaragoza o las 6 colaboraciones con la Politécnica de Madrid.

En relación al número de colaboraciones entre los distintos departamentos que contienen el área de IQ, son los siguientes: con el Departamento de Ingeniería Química de la Univ de Barcelona mantiene 15 colaboraciones; 39 colaboraciones con la Universidad de Lleida todas ellas son con el Dpto. de Química; una colaboración con el Dpto. de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Barcelona del total de 28 colaboraciones que tiene con esta universidad; con el Área de IQ de la Universidad de Girona colabora 19 veces y con el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Rovira i Virgili, 10. De las 95 colaboraciones establecidas con entidades no universitarias, destaca las 57 mantenidas con distintas unidades del CSIC o las 24 con otros centros de investigación. Del resto, 11 corresponden a colaboraciones con empresas.

#### 4.7.8.6 Universidad Ramón Llull

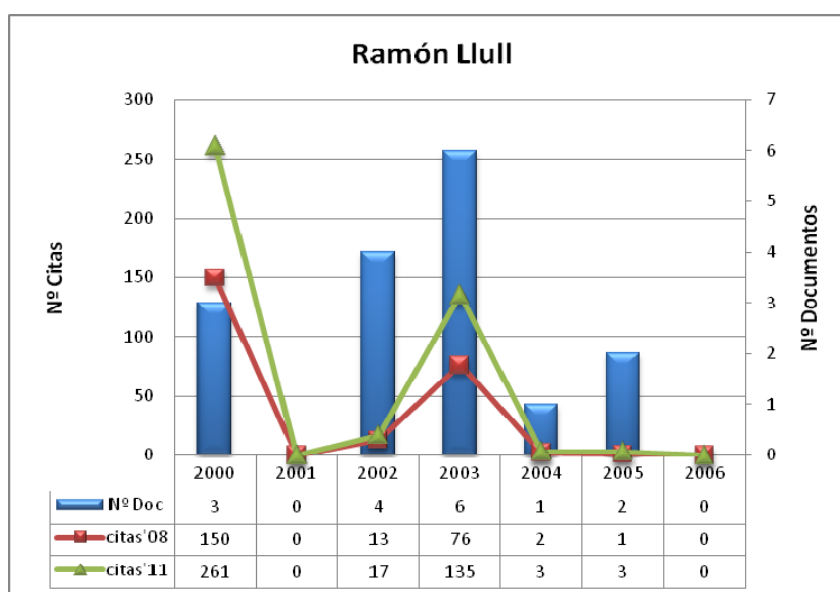
La Universidad Ramón Llull fue creada en 1990, como una entidad privada y sin ánimo de lucro. Estaba integrada por 10 instituciones federadas y de gran prestigio. Los centros fundadores, y de gran tradición en Cataluña, fueron la actual Facultad de Filosofía, el Instituto Químico de Sarriá, el cual inició sus actividades universitarias el

año 1916, la Fundación Blanquena, fundada en 1948 con la Escuela de Magisterio, y Ingeniería La Salle.

El Departamento *Ingeniería Química*<sup>310</sup> de la Universidad Ramón Llull está formado por docentes iq y tiene su sede en la Escuela Técnica Superior del Instituto Químico de Sarriá.

El número de documentos publicados por estos investigadores durante el periodo de estudio asciende a 16, con una producción media de 2,29 documentos por año y una desviación media de 1,76 documento año.

La figura 4.92 muestra la evolución anual de la producción de los iq de la Universidad Ramón Llull, así como de la evolución de la citación.



**Figura 4.92. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Ramón Llull**

En cuanto a la producción, se puede observar una evolución irregular, con pocos documentos, e incluso años en los cuales las bases de datos de WoS no recogen producción alguna (2001 y 2006). La tendencia de la producción es negativa, estando el máximo y mínimo en los años 2003 y 2004, respectivamente.

<sup>310</sup> Universidad Ramón Llull. Instituto Químico de Sarriá. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.iqs.edu/es/ingenieria-quimica:204> [consulta: marzo 2012].

El número de citas recibidas hasta 2007 es de 242, siendo la media de citas por documento de 15,13 y el índice-h de 5. El número de citas recibidas hasta 2010 asciende a 419 (26,19 citas/documentos), suponiendo un incremento del 73,14%. El índice-h se mantiene en 5. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, son los publicados en el año 2000.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma predominante es el inglés, que alcanza el 81,25% del total de documentos utilizándose el idioma español en dos documentos (12,5%) y uno en francés 6,25%), los tres son artículos científicos publicados en la revista española *Afinidad*.

Los 16 documentos están publicados en 7 revistas científicas las cuales están clasificadas en 6 categorías ISI distintas. Las dos revistas que recogen mayor número de documentos son *Afinidad* que publica, en el periodo de estudio y para estos investigadores, cuatro documentos (25%) y la revista *Journal of The American Leather Chemists Association* que publica tres documentos (18,75%). Las seis categorías temáticas que se muestran en la figura 4.93, clasifican las revistas que publican mayor producción. Así las dos categorías con mayor producción son *Chemistry Physical* con el 24% (6 docs.) y *Chemistry Analytical* el 24% (5 docs.).

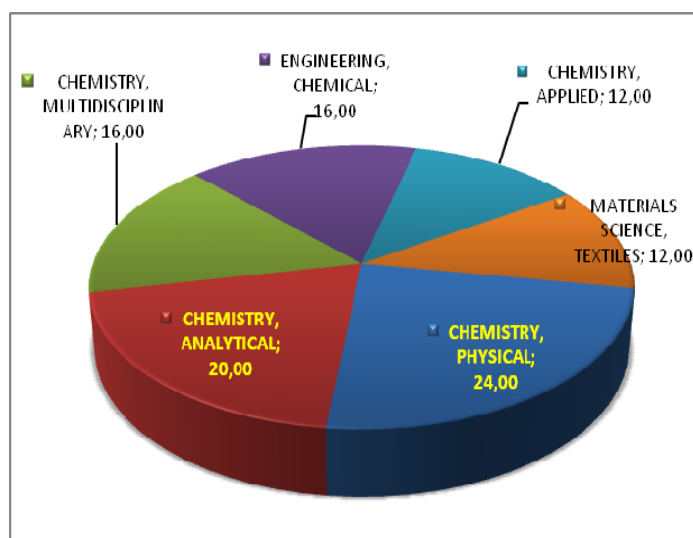


Figura 4.93. Categorías temáticas de la Univ. Ramón Llull

El número medio de autores firmantes está en 5,69 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 100%.

El 62,50% de los documentos estudiados (16) están escritos en colaboración. Se encuentran 11 colaboraciones con instituciones internacionales, 6 nacionales (5 con el CSIC y 1 con empresas) y 1 colaboración con otra área de conocimiento de su propia universidad. No colaboran con otras universidades españolas. Las 11 colaboraciones internacionales están realizadas con 9 países distintos. Así, en el periodo estudiado, colaboran en dos ocasiones con Alemania y USA y en una ocasión con Bélgica, Italia, Japón, República Checa, República China, South África y Suiza.

En relación a colaboración con entidades no universitarias, destaca las 10 colaboraciones con el CSIC. En menor grado, colabora en tres ocasiones con empresas y una con un organismo de su autonomía.

#### 4.7.8.7 Universidad Rovira i Virgili

El *Departamento de Ingeniería Química* de la Universidad Rovira y Virgili se compone de personal adscrito a dos Áreas de Conocimiento, Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica y tiene sede en la Escuela Superior de Ingeniería Química en la que se imparte el título de IQ.

El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>311</sup> de la Universidad Rovira i Virgili, tiene una productividad, durante el periodo de estudio, de 303 documentos con una producción media de 43,29 documentos por año y una desviación media de 11,47 documento año, siendo la tercera universidad en cuanto a producción dentro del grupo de universidades en estudio.

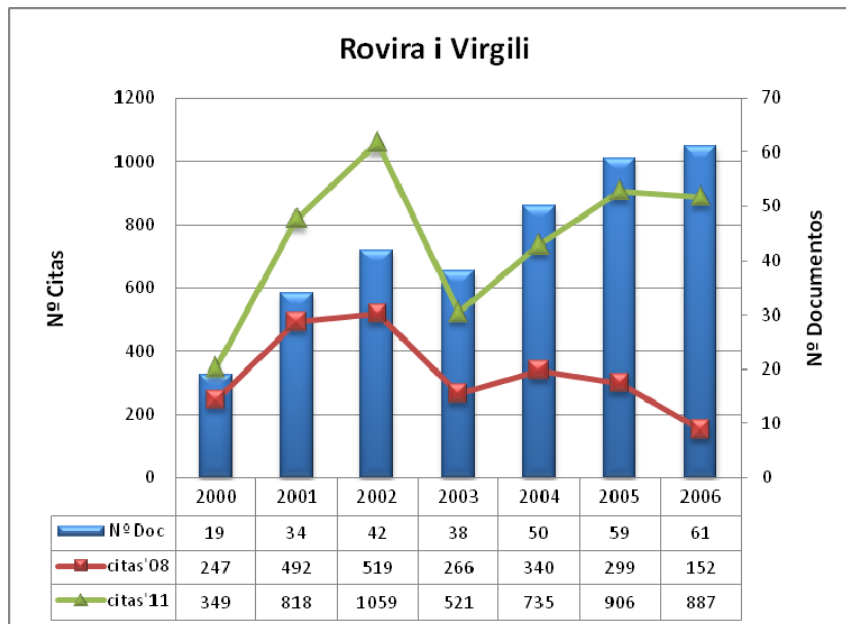
La figura 4.94 muestra la evolución de la producción científica y las citas recibidas a los documentos del Departamento de Ingeniería Química de esta Universidad

El número de citas recibidas hasta 2007 asciende a 2.315, siendo la media de citas por documento de 7,64 y un índice-h de 21. Ocupa, junto a la Politécnica de Cataluña, el primer puesto en relación al índice-h, el tercero en número de citas y el noveno en cuanto a media de cita por documento (fig. 4.94). El número de citas recibidas hasta 2010 asciende a 5275 (17,41 citas/documentos) lo que supone un

---

<sup>311</sup> Universidad Rovira i Virgili.. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.etseq.urv.es/DEQ/> [consulta: marzo 2012].

incremento del 127,86%. El índice-h en este momento es de 35. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, son los publicados en el año 2002.



**Figura 4.94. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Rovira i Virgili**

La figura anterior (fig. 4.94) presenta la evolución de la producción durante el periodo de estudio con tendencia positiva. Se observa un crecimiento constante, pasando de los 19 documentos del primer año estudiado (2000) hasta alcanzar 61 documentos en el último (2006), con un ligero descenso a mitad del periodo (2003). La media de documentos por año es de 43,29. De los documentos obtenidos, el 98,35% son artículos científicos y el 1,65% son reviews (5 docs.). El idioma predominante es el inglés alcanzando el 99,34% del total de documentos y únicamente el 0,66% restante (2 docs.) está publicado en otros idiomas: un artículo en español publicado en la revista *Afinidad* y otro artículo en rumano publicado en la revista *Chemosphere*.

Los 303 documentos están publicados en 132 revistas científicas, encuadradas en 56 categorías distintas. En relación a las revistas destaca la dispersión de los documentos en el conjunto de títulos en los que están publicados. Así, el 25,08% de la producción está concentrada en 8 títulos; el 50,50% está publicado en 28 títulos y el 75,58% en 64. El 24,42% de los documentos restantes están publicados en 68 revistas, existiendo 62 que únicamente recogen un documento (20,46% del total).



Los ocho títulos que recogen la cuarta parte de la producción (25,08%). La revista que recoge mayor producción, en el periodo de estudio, es *Industrial & Engineering Chemistry Research* que publica el 5,94% (18 docs.) del total de documentos generados por estos investigadores, seguida del *Journal of Chemical Physics* que recoge el 5,61% (17 docs.). Les siguen *Applied Catalysis B-Environmental*, *Journal of Food Engineering* y *Journal of Membrane Science*, que publican el 2,97% (9 docs.), 2,64% (8 docs.) y 2,31% (7 docs.), respectivamente. Las publicaciones *Chemosphere* y *Desalination* publican el 19,98% (6 docs.) cada una y con cinco documentos (1,65%) publicados se encuentra el *Journal of Chemical and Engineering Data*.

Las seis categorías en las que están incluidas las revistas con mayor producción (49,17%) se muestran en la figura 4.95. Se observa que el 13,91% de los documentos (75) están publicados por revistas de la categoría *Chemical Engineering* y el 10,95% en *Chemistry Physical* (59 docs.). Con un 5,94% (32 docs.), cada una de ellas, están las categorías *Chemistry Multidisciplinary* y *Environmental Science*. *Physics Atomic, Molecular & Chemical*, *Chemistry Analytical* y *Engineering Environment*, incluyen las revistas que publican el 4,45% (24 docs.), el 4,27% (23 docs.), y el 3,71% (20 docs.), respectivamente.

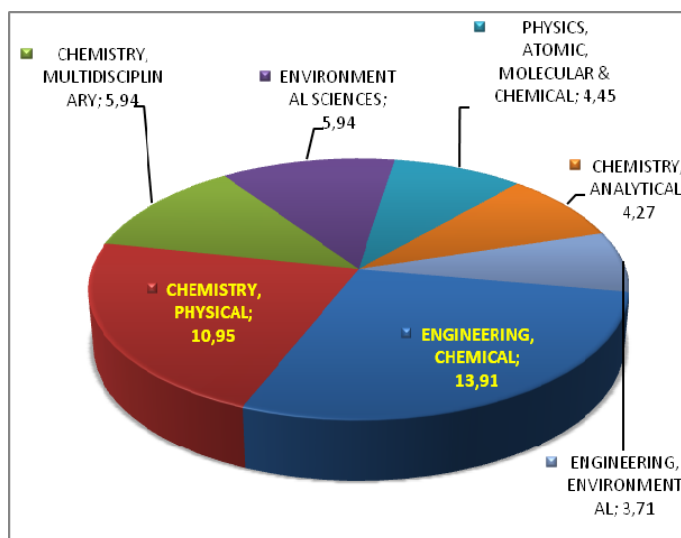


Figura 4.95. Categorías temáticas de la Univ. Rovira i Virgili

El número medio de autores firmantes está en 4,16 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 99,34%.

Destaca el alto grado de colaboración. De los 303 documentos, el 76,90% están en colaboración con otras instituciones ya sean nacionales, internacionales o intrauniversitaria.

En los 233 documentos en colaboración se hallan 137 con instituciones internacionales, 121 con distintas instituciones nacionales –88 con otras universidades españolas y 33 con centros no universitarios- y 80 colaboraciones con distintas áreas de su propia universidad.

A nivel internacional, colaboran con 24 países distintos, en el periodo estudiado, destacando las establecidas con Francia y USA con 35 y 30 respectivamente. Le siguen Alemania (11 col.), Países Bajos e Irlanda (6 col.), Canadá, Méjico y Reino Unido (5 col.). Con 4 colaboraciones se hallan Austria, Egipto y Polonia; con 3, Italia y Noruega. Bélgica, Brasil, Portugal, la República Checa y Venezuela registran 2 colaboraciones cada uno de ellos y una Bielorrusia, Colombia, Finlandia, República China y Rumania.

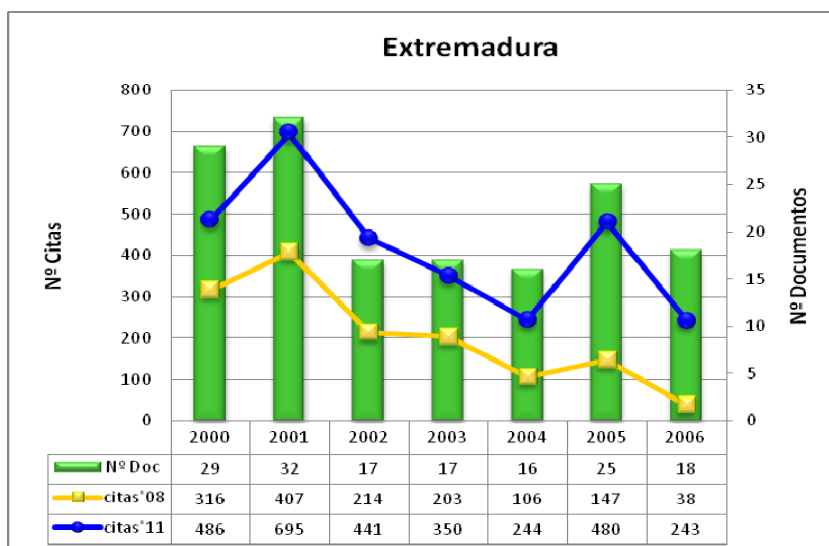
A nivel de universidad, el mayor número de colaboraciones las realiza con dos Universidades de su propia Comunidad: 18 colaboraciones con Politécnica de Cataluña (10 de ellas con el área de IQ) y 16 con la Universidad de Barcelona (7 con el área de IQ). Con el País Vasco (Dpto. de IQ) mantiene 11 colaboraciones; con la Universidad de Vigo 10 (9 de ellas con el área de IQ) y con la Autónoma de Barcelona colabora en 7 ocasiones (1 con área de IQ). Con la Universidad de Gerona en 4 ocasiones (3 con área de IQ) y con las de Alcalá, Extremadura (todas con área de IQ) y Huelva en 3 ocasiones. Con dos colaboraciones se hallan las universidades de Málaga y Santiago de Compostela, esta última con el área de IQ. Con una colaboración encontramos a Alcalá, Cantabria, Castilla-La Mancha (IQ), Internacional de Cataluña, Lleida, Ponpeu Faba, Sevilla, Valencia y Zaragoza.

Con centros no universitarios colaboran en 33 ocasiones, siendo 29 de ellas con centros de investigación (11 con el CSIC), 3 con empresas y una con hospitales.

## 4.2.9 Universidad de Extremadura

En la Comunidad Autónoma de Extremadura existe una Universidad, la Universidad de Extremadura, teniendo en su estructura al *Departamento de Ingeniería Química y Química Física* con sede en la Facultad de Ciencias. En el periodo estudiado el área de IQ (con origen en el antiguo de “Química Técnica”) formaba parte del Departamento llamado de *Ingeniería Química y Energética* (hasta 2006) que entonces constaba de cuatro áreas de conocimiento: Ingeniería Química, con sede en la Facultad de Ciencias e Ingeniería Eléctrica, Física Aplicada y Máquinas y Motores Térmicos, todas ellas con sede en la Escuela de Ingenierías Industriales.

La figura 4.96 muestra la evolución de la productividad de los investigadores del área de *Ingeniería Química* de la UEx, así como la distribución de las citas recibidas. Se observa una tendencia negativa en el periodo estudiado. Con oscilaciones en cuanto a número de documentos por año, el área de IQ obtuvo una productividad de 154 documentos, siendo la novena universidad en cuanto a número de documentos generados por estos investigadores e indizados en las bases de datos de WoS ascendiendo la media de documentos por año a 22.



**Figura 4.96. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Extremadura**

El total de citas recibidas hasta 2007 fue de 1.431, con una media por documento de 9,29 y un índice-h de 20. En la clasificación general, en relación al cómputo de universidades, la UEx ocupa el séptimo lugar, avanzando un puesto por

departamentos (6º). En relación al índice-h, ocupa el tercer puesto por universidades y el segundo por departamentos, detrás de la Politécnica de Cataluña y Rovira i Virgili que comparten el primero. En cuanto a la media de cita por documento obtiene el quinto lugar. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 2939 siendo la media de citas por documento de 19,08 y el índice-h de 32. El incremento en número de citas fue de 105,38%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2001

Los investigadores iq de la UEx utilizan poco el tipo review; solo un documento (0,65% de la producción), siendo el artículo científico el medio más utilizado con un 99,35%. El idioma predominante es el inglés alcanzando el 97,40% del total de documentos y el 2,60% restante (4 art.) está publicado en el idioma español en la revista *Grasas y Aceites*.

Los 154 documentos están publicados en 37 títulos distintos, clasificados en 24 categorías ISI distintas. En relación a las revistas científicas destacamos la gran concentración en cuanto a la elección de las mismas para publicar los resultados. El 27,92% de la producción está concentrada en sólo 2 títulos; el 50% de la producción está recogida en 5 títulos y 13 revistas recogen más del 74,68%. El 25,32% restante está recogido en 24 títulos distintos y, entre ellos, 14 únicamente publican un documento a lo largo del periodo de estudio (9%).

Existe una gran concentración de documentos en muy pocas revistas científicas. Cinco títulos publican el 50% de la productividad generada por estos investigadores y recuperadas de las bases de datos WoS. La revista que recoge mayor producción es *Industrial & Engineering Chemistry Research* que publica el 15,58% (24 docs.) del total de documentos generados por estos investigadores en el periodo de estudio y el *Journal of Hazardous Materials* el 12,34% (19 docs.). Las revistas *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* y *Ozone-Science & Engineering* recogen el 7,79% (12 docs.) cada una y *Water Research* el 6,49% (10 docs.). Los títulos más utilizados son los correspondientes a los más productivos a nivel nacional, excepto la revista *Ozone-Science & Engineering* que en la clasificación general ocupa el puesto 61 y, sin embargo, los iq de las UEx la utilizan bastante como medio de difusión de sus trabajos (75% de la producción total de los iq españoles).

La figura 4.97 muestra las categorías temáticas en las que están clasificadas las revistas científicas más utilizadas por los iq extremeños para publicar su producción, durante el periodo de estudio. Destaca la concentración del 68,22% de la

producción en cinco categorías. *Environmental Sciences* recoge las revistas que publican el 20,12% de la producción (69 docs.); *Chemical Engineering* el 18,08% (62 docs.); *Engineering Environmental* el 17,78% (61 docs.) y *Biotechnology & Applied Microbiology* y *Engineering Civil* el 6,12% (21 docs), cada una de ellas. *Chemistry Physical* y *Water Resources* clasifican el 5,25% y el 4,96%, respectivamente.

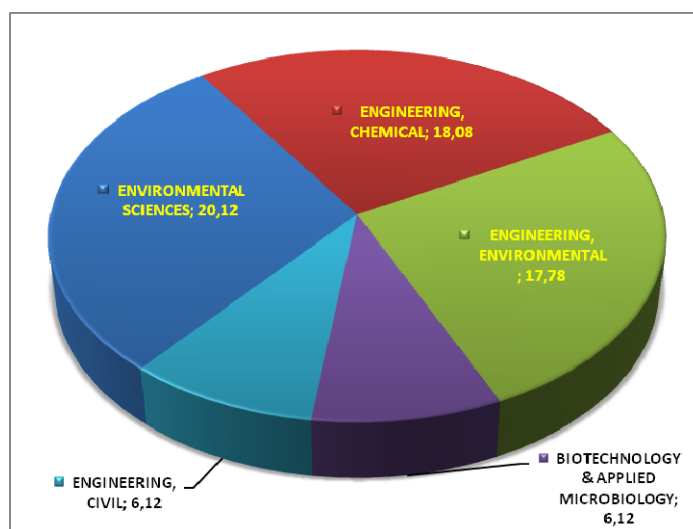


Figura 4.97. Categorías temáticas de la Universidad de Extremadura

El número medio de autores firmantes por documento es de 4,14 y la tasa de coautoría del 99,35 %.

En cuanto a la colaboración de los i/q de la UEx, cabe destacar el poco grado de colaboración que tienen estos en el periodo estudiado. Así, únicamente el 26% de los documentos están elaborados en colaboración frente al 74% que están firmados únicamente por miembros del área de IQ.

Dentro del reducido número de documentos con algún tipo de colaboración (40), se hallan 14 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 20 internacionales y 10 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria). A nivel internacional los investigadores i/q de la UEx mantienen colaboración con 6 países distintos, destacando las 11 colaboraciones con Portugal y las 3 con el Reino Unido y con Francia. Las colaboraciones nacionales (14) están repartidas entre las 10 colaboraciones con otras universidades y 4 con centros de investigación regionales. Con la universidad que más colabora es con la de Castilla-La

Mancha (5 documentos), seguida de Rovira y Virgili con quien tiene tres colaboraciones.

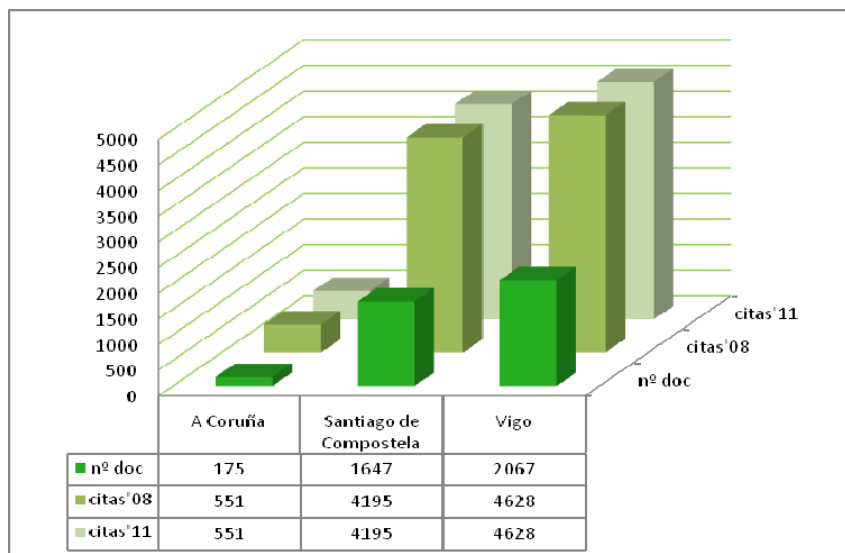
#### 4.7.10. Galicia

La CCAA Gallega tiene 3 universidades, todas ellas son públicas y las tres tienen en su estructura departamentos con el área de Ingeniería Química. Los nombres de las Universidades junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla 4.45.

**Tabla 4.45. Producción científica de las universidades de Galicia**

Universidad	Nº Documentos / Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Otr
A Coruña	0	4	2	4	8	12	8	38	36	2	175	3,00	7	551	14,50	15	38	0	0
Santiago de Compostela	36	33	33	38	41	42	49	272	267	5	1647	6,36	17	4195	15,42	30	260	12	0
Vigo	39	53	37	43	50	38	42	302	293	9	2067	7,71	19	4628	15,32	30	295	6	1

En la figura 4.98 se observa que tanto en número de documentos como de citas recibidas el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Vigo ocupa el primer puesto, seguida de Santiago de Compostela, ocupando el tercer puesto la Universidad de Coruña:



**Figura 4.98 Producción científica de las universidades de Galicia**

### 4.7.10.1 Universidad de A Coruña

En la Universidad A Coruña coexisten dos departamentos que contienen el área de Ingeniería Química. El primero, *el Departamento de Química Física e Enxeñaría Química I*, tiene su sede en la Facultad de Ciencias<sup>312</sup> (Campus da Zapateira), está integrado por las áreas de Ingeniería Química y Química Física e imparte docencia en la Facultad mencionada y en la Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas. El segundo es el *Departamento de Ingeniería Industrial II* está integrado por personal adscrito a seis Áreas de Conocimiento: Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Nuclear, Ingeniería Química y Máquinas y Motores Térmicos. Con sede en la Escuela Politécnica Superior en el Campus de Esteiro en Ferrol (La Coruña)<sup>313</sup> y docencia, además, en la Escuela Universitaria de Diseño Industrial y en la Escuela Universitaria Politécnica.

La búsqueda de los documentos correspondientes a estos departamentos se realizó por los términos de los nombres de ambos departamentos (ecuación de búsqueda particular), obteniéndose los resultados que se describen en párrafos posteriores. Del segundo departamento únicamente se recuperaron datos correspondientes a un único profesor y, por el número de documentos recuperados (3), los datos se integran al conjunto de documentos extraídos para el primer departamento, por lo que en los resultados extraídos para estos ingenieros químicos se hace mención a la Universidad y no al Departamento.

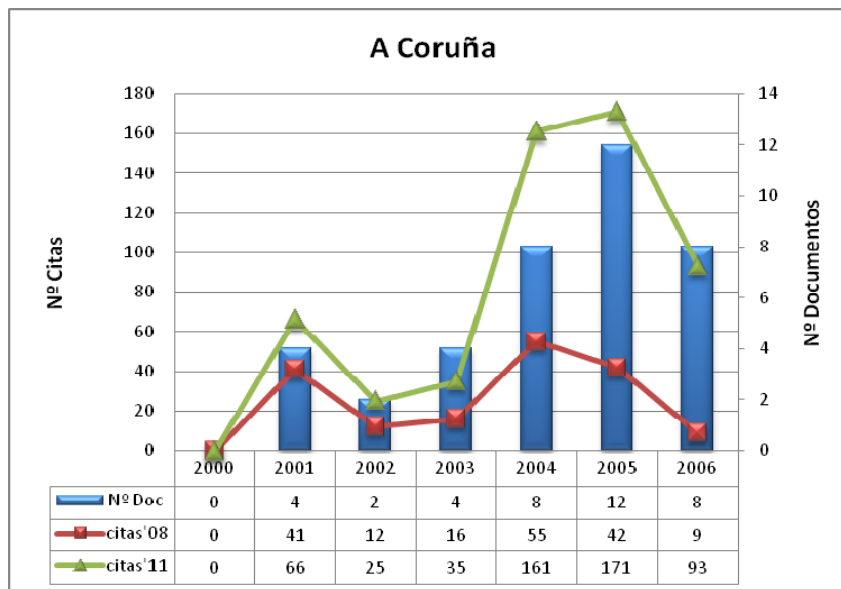
El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de esta Universidad, durante el periodo de estudio, asciende a 38 con una producción media de 5,43 documentos por año y una desviación media de 3,35 documento año.

Hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio obtiene 175 citas, con una media de cita por documento de 3,67 y un índice-h de 7. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 551, siendo la media de citas por documento de 14,50 y un índice-h de 15. El incremento en número de citas fue del 214,86%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2005 para las citas recogidas en 2011 y 2004 para las recogidas en 2008 (fig. 4.99).

<sup>312</sup> Universidad A Coruña. Departamento de Química Física e Enxeñaría Química I. [En línea]. Disponible en: <http://ciencias.udc.es/qfeg/> [consulta: marzo 2012]

<sup>313</sup> Universidad A Coruña. Departamento de Ingeniería Industrial II. [En línea]. Disponible en: <http://www.ii.udc.es/> [consulta: marzo 2012]

En la figura 4.99 muestra la distribución tanto del número de documentos producidos como de las citas recibidas, a lo largo de periodo estudiando.



**Figura 4.99. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de A Coruña**

Aunque en el primer año estudiado no se recupera ningún documento, se observa que la tendencia es positiva, obteniéndose el máximo de documentos (12) en el año 2005 y el mínimo (2 docs.) durante el año 2002, siendo irregular la productividad de estos investigadores el resto de los años estudiados.

Todos los documentos recuperados utilizan el idioma inglés para redactar los trabajos y, en cuanto al tipo de documento utilizado el artículo científico es la tipología documental más utilizada, lo que supone el 94,74% (36 docs.), siendo el 5,26% restante del tipo review (2 docs.).

Los 38 trabajos hallados para los i q de este departamento, para el periodo 2000-2006, están publicados en 17 revistas científicas distintas y 12 categorías temáticas. Las dos revistas con mayor producción recogen el 26,32% del total de documentos generados por estos investigadores y el 47,37% están publicados en 4 títulos. Para publicar el 76,32% son necesarios 8 títulos distintos y el 23,68% restante está publicado el 9 títulos, todos ellos publican un solo documento durante el periodo estudiado.



El mayor número de documentos los recogen las revistas *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* y *Water Research*, las cuales publican, cada una de ellas el 13,16% del total (5 docs.). Los títulos *Applied Microbiology and Biotechnology*, *Bioresource Technology* y *Water Science and Technology* publican el 10,53% (4 docs.) de la producción. El tercer puesto, con tres documentos (7,89%), lo ocupa la revista *Water SA*.

El 76,25% de los documentos están recogidos por revistas clasificadas en 5 categorías, siendo las más recurrentes *Biotechnology & Applied Microbiology* con el 22,50% (18 docs.), *Water Resources* el 16,25% (13 docs.), *Environmental Sciences* 15% (12 docs.), *Engineering Environmental* el 12,50% (10 docs.) y *Chemical Engineering* con el 10% de la producción (8 docs.) (fig. 4.100).

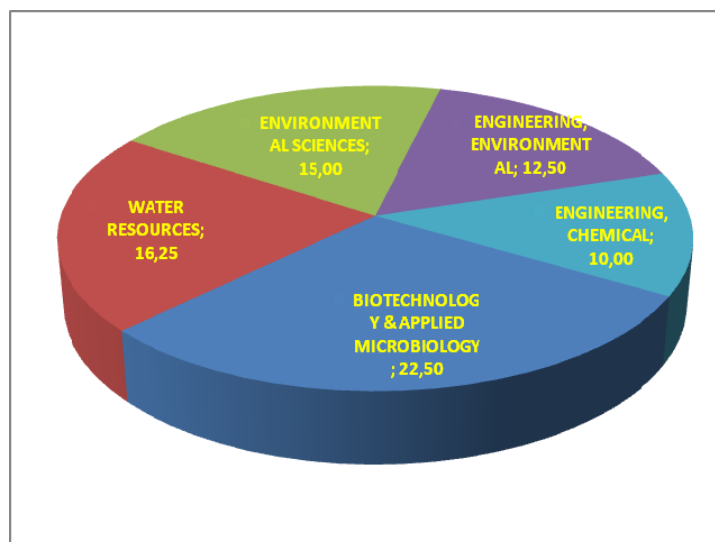


Figura 4.100. Categorías temáticas de la Universidad de A Coruña

La media de autores que firman los documentos (lc) es de 3,29 con una tasa de coautoría del 100%.

Únicamente el 28,95% de los documentos estudiados para estos investigadores y para el periodo de tiempo analizado, están elaborados en colaboración. Dentro del reducido número de estos documentos (11), se hallan 8 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 3 internacionales y una única colaboración intrauniversitaria.

A nivel internacional los investigadores iq de la Coruña mantienen colaboración con 3 países distintos, Cuba, Portugal y Reino Unido con un registro con cada uno de ellos.

A nivel nacional registran 4 colaboraciones con dos universidades, 3 de ellas con la Politécnica de Madrid y una con el área de IQ de la Universidad de Santiago de Compostela. Con centros no universitarios establecen 4 colaboraciones, tres de ellas con empresas y una con el CSIC.

#### 4.7.10.2 Universidad de Santiago de Compostela

El *Departamento de Ingeniería Química* de la Universidad de Santiago de Compostela se compone de personal adscrito al Área de Conocimiento Ingeniería Química, con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería donde se imparte la titulación de Ingeniero Químico, y docencia además en Lugo en las Escuelas Técnicas Industriales y Agrarias.

El Área de Ingeniería Química de la Universidad de Santiago de Compostela comienza su andadura con la llegada del primer Catedrático de Química Técnica, el Prof. Joaquín Ocón García, en el año 1950, donde dirige las primeras tesis doctorales de esta disciplina, siendo el primer doctor el Prof. Gabriel Tojo Barreiro (1953) que luego sucedería al Prof. Ocón en la Cátedra de Química Técnica de la USC en el año 1968.

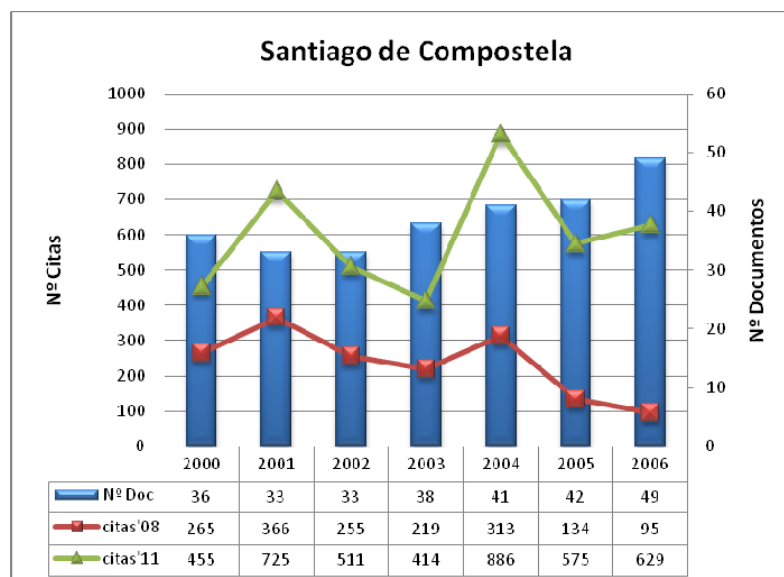
El Prof. Gabriel Tojo Barreiro impulsó y favoreció el desarrollo del Departamento de Química Técnica con un número importante de tesis doctorales cuyos autores serían después Catedráticos de Universidad. Posteriormente la integración de áreas de disciplinas similares cambió las denominaciones de Química Técnica, Química Industrial y Físico-química de los Procesos Industriales por el nombre de Ingeniería Química, denominación que se ha consolidado como definitiva<sup>314</sup>.

---

<sup>314</sup> Universidad de Santiago de Compostela. Departamento e Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.usc.es/enxqu/> [consulta: marzo 2012].

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de esta Universidad, durante el periodo de estudio, asciende a 272 con una producción media de 38,10 documentos por año y una desviación de 4,1.

En la figura 4.101 se muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, estando el mínimo y el máximo en 33 (años 2001-2002) y 49 (2006), respectivamente. La tendencia del crecimiento es positiva, con un ligero descenso durante el año 2001 (tres documentos menos que el año anterior) que se mantiene en el año siguiente. A partir de 2003 crece de nuevo la producción manteniéndose constante hasta el final del periodo.



**Figura 4.101. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Santiago de Compostela**

Del mismo modo, a figura anterior (fig. 4.101) refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas es de 1.647, siendo la media de citas por documento de 6,36 y un índice-h de 17. Hasta 2010, el número de citas recibidas asciende a 4195, siendo la media de citas por documento de 925,42 y el índice-h de 30. El incremento en número de citas es del 154,71%. Los documentos que recogen mayor número de citas, se corresponden con el año 2001 en el primer caso, y los correspondientes a 2004 en el segundo.

Del total de documentos, el 98,16% (267 docs.) son artículos científicos frente al 1,84% que son tipo review (5 docs.). El idioma más utilizado es el inglés alcanzado

el 98,63%. El idioma español es utilizado en doce documentos, suponiendo el 4,41%, estando todos publicados en la revista *Afinidad* y son todos artículos científicos.

Los 272 documentos están publicados en un total de 81 revistas científicas, incluidas éstas en 36 categorías temáticas. Las dos publicaciones con mayor producción recogen, cada una de ellas, el 9,93% (27 docs.). Tres revistas publican el 26,84% del total. El 50,74% de la productividad de estos investigadores están publicados en 10 títulos y el 75,37% en 31 títulos distintos. Para recoger el 24,63% restante se necesitan 50 títulos más. El 12,13% de la producción están recogidas en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (33 revistas).

Las revistas que tienen un mayor número de documentos publicados son *Journal of Chemical and Engineering Data* y *Water Science and Technology*, las cuales recogen cada una de ellas 27 documentos (9,93%). *Water Research* publica 19 documentos (6,99%) y *Fluid Phase Equilibria* 13 documentos (4,78%). El cuarto puesto lo comparten la revista nacional *Afinidad* y *Fresenius Environmental Bulletin* que publican 12 documentos (4,41%).

El 18,11% de los documentos están recogidos en la categoría temática *Chemical Engineering* (98 docs.); el 12,94% en *Environmental Sciences*; el 10,72% en *Engineering Environmental* y el 9,06% en *Chemistry Multidisciplinary* y *Water Resource* (fig. 4.102).

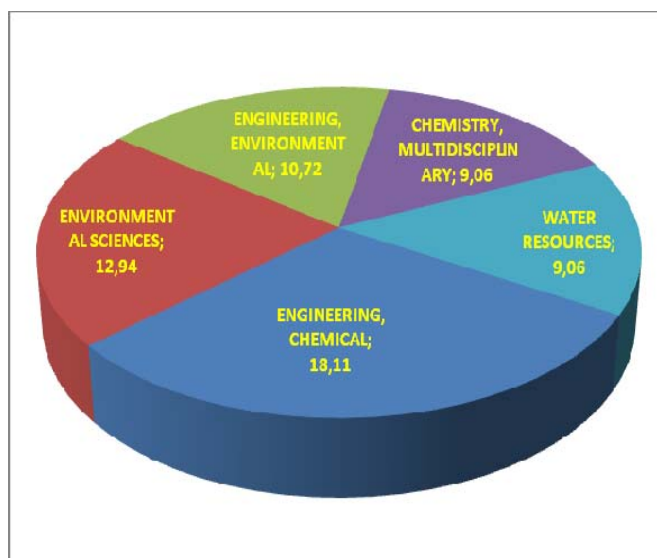


Figura 4.102 Categorías temáticas de la Univ. Santiago de Compostela

El número medio de autores firmantes por documento es de 4,23 y la tasa de coautoría del 100%, destacando el alto número de firmas en tres documentos (12, 17 y 35 autores).

Del total de documentos estudiados para estos investigadores, el 49,63% de están elaborados en colaboración. Dentro del número de documentos colaborados (135) se hallan 64 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 89 internacionales y 18 con distintas unidades de su propia universidad.

A nivel internacional mantienen colaboración con 20 países distintos, destacando los 19 registros en colaboración con Canadá y los 12 con Países Bajos. Con Chile, Italia, Estados Unidos y Francia colaboran en 9, 8, 7 y 6 documentos, respectivamente. Colabora 5 ocasiones con Portugal, 4 con Alemania y Méjico y con Australia en 3 ocasiones. Con Argentina y Bélgica en dos ocasiones con cada país y en un documento con Dinamarca, Ecuador, Irlanda, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza y Turquía.

Los documentos que registran colaboración nacional (64) están repartidas entre las 48 colaboraciones con otras universidades y 16 con otras instituciones no universitarias (7 con empresas, 8 con centros de investigación y 1 con servicios autonómicos). Con la universidad que más colabora es con la de Vigo con quien comparte 36 documentos de los cuales 25 son en colaboración con el área de IQ de esta Universidad. Otras universidades con quien colabora son la de Jaén, Autónoma de Barcelona, Girona, Rovira i Vigilli (dos registros con cada una y todos los documentos con el área de IQ de estas Universidades); con Cantabria, Barcelona, Lleida y La Coruña colabora en una ocasión (con la Coruña con área de IQ).

#### 4.7.10.3 Universidad de Vigo

La Universidad de Vigo está formada por tres campus universitarios: Campus de Vigo, de Orense y de Pontevedra. El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>315</sup> de la Universidad de Vigo está formado por personal adscrito a dos Áreas de Conocimiento, Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos que realizan su actividad académica e investigadora en los tres campus de la Universidad. La sede del Departamento se

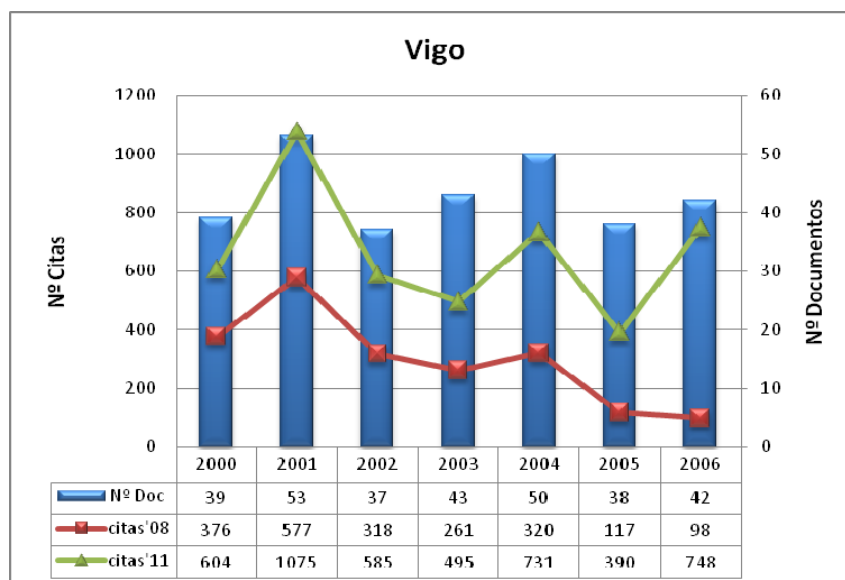
---

<sup>315</sup> Universidad de Vigo. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.eq.uvigo.es/cms/index.php>. [consulta: marzo 2012].

encuentra en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, en el Campus de Vigo.

Durante el periodo de tiempo estudiado, los ingenieros químicos de la Universidad de Vigo, publican un total de 302 documentos recogidos por las bases de datos de WoS. La producción media es de 43,14 documentos por año y una desviación media de 4,78 documento año.

La fig. 4.103 muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, así como de las citas recibidas. La producción, aunque irregular y con tendencia negativa, es alta a lo largo de todo el periodo de estudio, obteniéndose el mínimo en año 2002 con 37 documentos y el máximo se obtiene en 2001 que alcanza 53 documentos.



**Figura 4.103 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Vigo**

Hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio obtiene 2.067 citas. El promedio de cita por documento es de 7,71 y el índice-h de 19. Hasta 2010, el total de citas recibidas asciende a 4.628, con un promedio de cita por documento de 15,32 y un índice-h de 30. Los documentos más citados son, en ambos casos, los publicados en el año 2001 (fig. 4.103).

De los 302 documentos generados por estos investigadores e indizados en las bases de datos de WoS, el 97% (293 docs.) son artículos científicos y el 3% restante son del tipo review (9 docs.). Para la redacción de los distintos documentos se utilizan 3 idiomas, siendo el más utilizado el inglés que alcanza el 97,68% (295 docs.); el idioma español es utilizado en seis documentos suponiendo el 1,98% y existe un documento redactado en francés. Los documentos en español los recogen las revistas nacionales *Afinidad* (4 docs.) y *Revista Metalurgia* (2 docs.). La revista *Afinidad* publica el documento en francés.

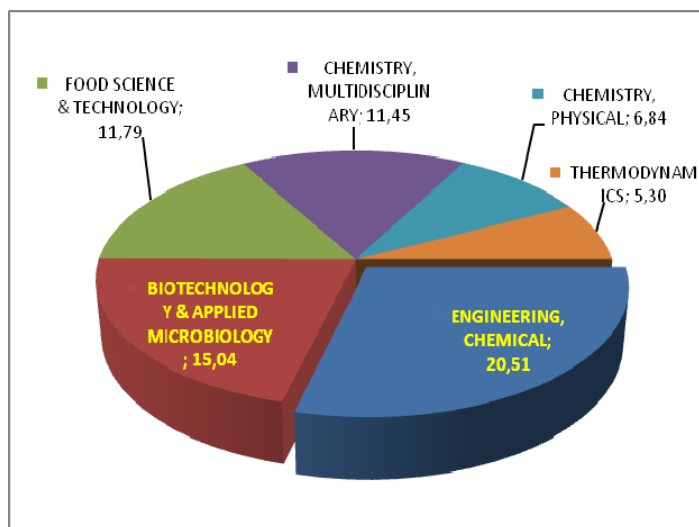
Los 302 trabajos están publicados en un total de 84 revistas científicas distintas, las cuales están encuadradas en 41 categorías temáticas.

Existe una gran concentración de documentos en muy pocas revistas. Así, más del 25% (26,16) está publicado en 3 revistas y el 52,32% de la producción está publicada sólo en 10 títulos. Se necesitan 17 títulos más para llegar al 75,5% de la producción y 57 más para alcanzar el 100%. El 13,25% de la producción están recogidas en 40 revistas que publican un sólo documento durante el periodo estudiado.

El mayor número de documentos los recoge la revista *Journal of Chemical and Engineering Data* que publica el 13,91% de la producción (42 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Chemical Thermodynamics* que recoge el 6,62% de la producción (20 docs.) y la revista *Journal of Food Engineering*, que ocupa el tercer puesto, publica el 5,63% (17 docs.). La revista, de publicación española, *Afinidad* recoge el 2,98% de la producción (9 docs.) la cual se encuentran entre las diez primeras revistas que recogen mayor número de documentos de los ingenieros químicos de esta universidad.

En cuanto a las categorías temáticas en las que están encuadradas las revistas con mayor producción de estos investigadores, que se muestran en la figura 4.104.

Destaca *Chemical Engineering* que recoge el 20,51% de la producción (120 docs.), le siguen *Biotechnology & Applied Microbiology* con el 15,04% (88 docs.), *Food Science & Technology* con 69 documentos (11,79%) y *Chemistry Multidisciplinary* con 67 documentos (11,45%).



**Figura 4.104. Categorías temáticas de la Universidad de Vigo**

El número medio de firmas por documentos ( $l_c$ ) es de 3,88 y la tasa de coautoría del 100%.

De los 302 documentos estudiados de los iQ de la Univ. de Vigo 123 están elaborados en colaboración (40,73%) con otras instituciones o áreas distintas a la propia. Dentro de este grupo de documentos, se hallan 68 colaboraciones con instituciones nacionales, 59 internacionales y 32 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional estos investigadores mantienen colaboración con 16 países distintos. Por número de colaboraciones destacan USA, Portugal y Austria con 9, 8, y 7 documentos, respectivamente. Con Brasil e Italia colabora en 5 ocasiones y con Alemania y Reino Unido 4 y 3, respectivamente. Con dos colaboraciones se hallan Chile, Finlandia, Francia y Suiza y con un documento Argentina, Dinamarca, Grecia y Venezuela.

Los 68 registros con colaboración nacional están con otras universidades (57) y con entidades no universitarias (11). Con las universidades con quien más colabora son: la de Santiago de Compostela con quien colabora en 36 ocasiones (25 de ellos con el área de IQ) y con Rovira y Virgili (9 col., todas ellas con el área de IQ). Otras universidades con quien mantiene colaboración son las universidades de Jaén, Oviedo, Autónoma de Barcelona, Las Palmas y País Vasco, con dos registros en común; todas ellas con el área de IQ menos la Autónoma de Barcelona con quien



colabora con el área de IQ en un registro. Con un documento en colaboración aparecen las Universidades de Huelva (con área de IQ) y Zaragoza. Entre colaboraciones con instituciones no universitarias hallamos las 10 con el CSIC y una con un hospital.

### 4.7.11 Islas Baleares

El *Departamento de Química*<sup>316</sup> de la Universidad de las Islas Baleares (única universidad de la CCAA Balear) se componía de personal adscrito a las Áreas de Conocimiento de, Ingeniería Química, Química Analítica, Química Física, Química Inorgánica y Orgánica, con sede en la Facultad de Ciencias.

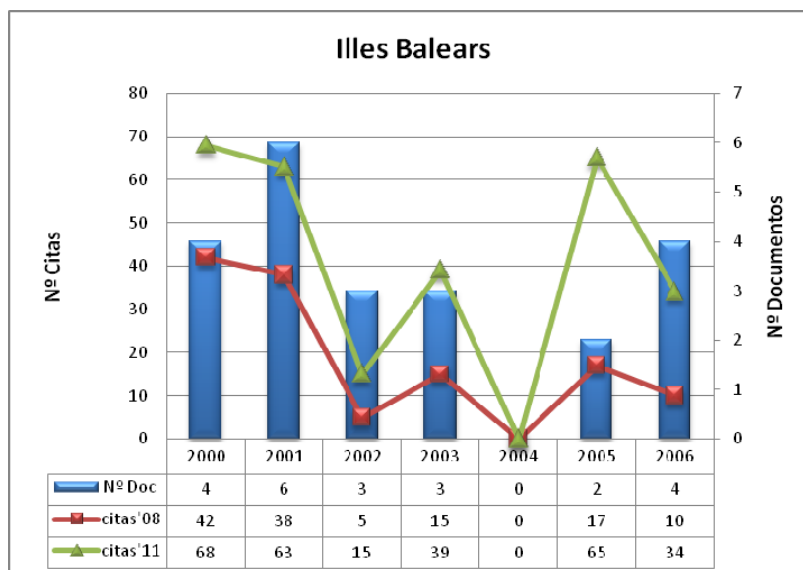
El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Baleares, durante el periodo de estudio, asciende a 22 documentos con una producción media de  $3,14 \pm 1,31$  documentos por año.

La figura.4.105 muestra la evolución anual de la producción y de las citas recibidas de los iq de Baleares. La línea de tendencia es decreciente y el número de documentos por año muy irregular. El número de documentos, durante el periodo de estudio, oscila entre dos y seis que corresponden a los años 2005 y 2001, respectivamente, destacando que para el año 2004 no se han recuperado ningún registro.

El conjunto de documentos de estudio obtiene, hasta 2007, 127 citas con una media de cita por documento de 5,77 y un índice-h de 7, y las obtenidas hasta 2010 son de 284, (12,91 citas/documentos; índice-h=10) lo que supone un incremento de 123,62%. Los documentos que recogen mayor número de citas, se corresponden con el año 2000 en las dos tomas de datos.

---

<sup>316</sup> Universidad Islas Baleares. Departamento de Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.uib.es/depart/dqu/paginas/miembros.htm> [consulta: marzo 2012].



**Figura 4.105. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Islas Baleares**

Todos los documentos recuperados son artículos científicos y todos están publicados en inglés.

Los 22 documentos de los investigadores del área de IQ durante el periodo de estudio están publicados en 11 títulos distintos que están encuadrados en 9 categorías temáticas.

El número de revistas utilizadas para publicar los distintos documentos, al igual que estos, son pocas. Así, el 45,45% de la producción está recogida en un título (10 docs.), necesitándose dos revistas más para alcanzar el 63,64% de la producción. El 36,36% de los documentos están recogidos en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (8 revistas). Así, las revistas que publican más de un documentos son Journal of Food Engineering que publica 10 (45,45%), European Food Research and Technology y Journal of Food Science, que publican cada una de ellas dos documentos (9,09%).

Las categorías temáticas *Food Science & Technology* y *Chemical Engineering* son las más recurrentes y recogen el 81,82% (18 docs.) y 54,55% (12 docs.), respectivamente.

La figura 4.106 muestra las *categorías temáticas* en las que están clasificadas las revistas científicas que publican el mayor número de documentos producidos por estos investigadores (87,50% de la producción).

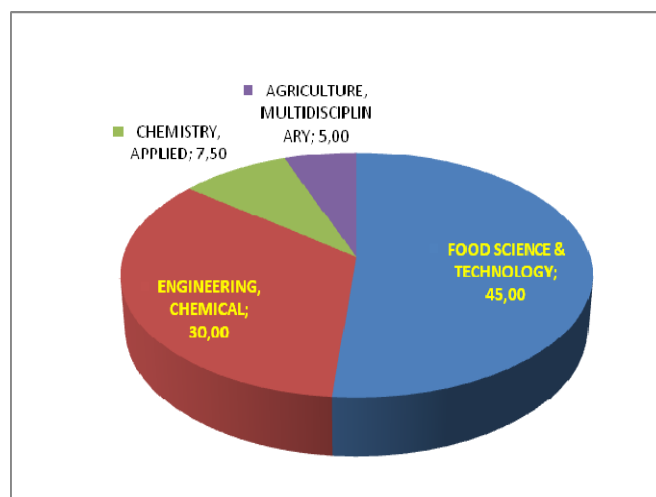


Figura 4.106 Categorías temáticas de la Univ. Islas Baleares

El promedio de autores que firman los documentos (Ic) es de 4,27, obteniéndose una tasa de coautoría del 100%.

En relación a la colaboración, del total de los 22 documentos estudiados, 14 de ellos (63,64%) están en colaboración, hallándose 15 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 12 con la Universidad Politécnica de Valencia, 2 con los iq de la Universidad de Valencia y una colaboración con centros de investigación. A nivel internacional e intrauniversitario no registran ninguna colaboración.

Las colaboraciones nacionales (14) están repartidas entre las 10 colaboraciones con otras universidades y 4 con centros de investigación regionales. Con la universidad que más colabora es con la de Castilla-La Mancha (5 documentos), seguida con Rovira y Virgili con quien tiene tres colaboraciones.

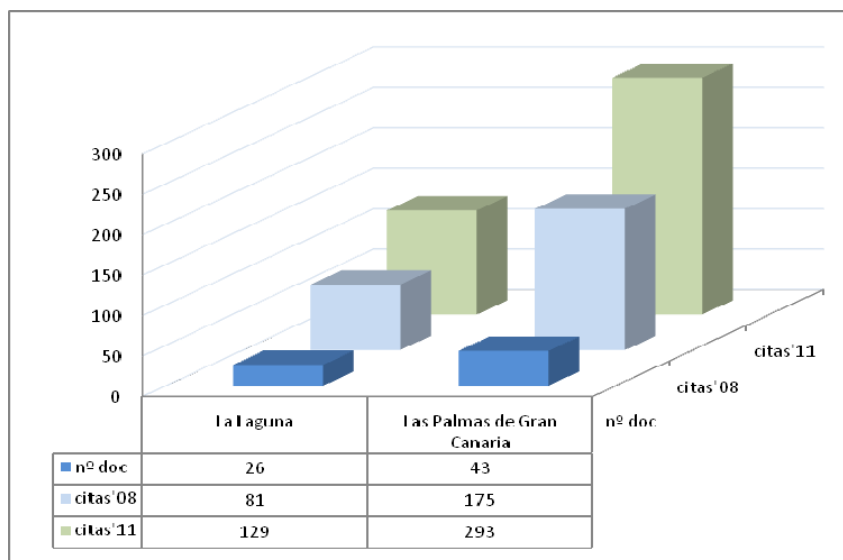
## 4.7.12 Islas Canarias

En las Islas Canarias existen dos universidades y las dos son públicas. Ambas tienen en su estructura un departamento con el área de Ingeniería Química. Los nombres de las Universidades junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla siguiente (tabla 4.46).

**Tabla 4.46. Producción científica de las universidades de las Islas Canarias**

Universidad	Nº Documentos/Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Or
Las Palmas de Gran Canaria	5	11	7	6	5	3	6	43	43	0	175	4,07	9	293	6,81	11	37	5	1
La Laguna	6	6	7	1	4	1	1	26	26	0	81	3,12	6	129	4,96	7	25	1	0

Del mismo modo, la figura 4.107 muestra tanto el número de documentos y citas recibidas por éstos en el momento de la recuperación de los datos.



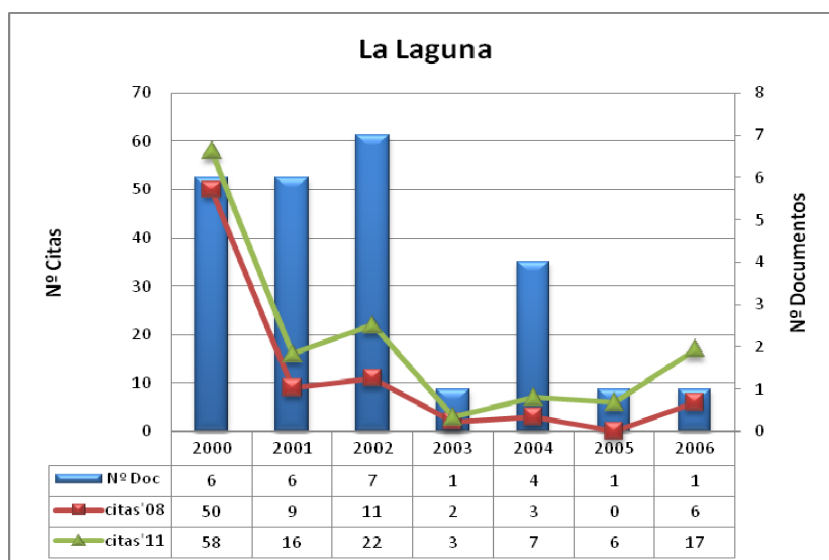
**Figura 4.107 Producción científica de las universidades de las Islas Canarias**

### 4.7.12.1 Universidad de la Laguna

El *Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica*<sup>317</sup> de la Universidad de la Laguna, se compone de personal adscrito a tres Áreas de Conocimiento, Ingeniería Química, Farmacia y Tecnología Farmacéutica y Tecnología de los Alimentos. Con sede en la Facultad de Química, donde se impartía la titulación de Ingeniero Químico y docencia en esta Facultad y en la Facultad de Farmacia.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de La Laguna, durante el periodo de estudio, asciende a 26 documentos con una producción media de  $3,71 \pm 2,33$  documentos por año.

En la figura 4.108 muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, donde se puede observar la tendencia negativa. Por un lado presenta una evolución positiva durante los tres primeros años del periodo (2000-2002), alcanzándose el número máximo de documentos (7) en el año 2002. Por otro, se observan años en los cuales el máximo de documentos recogidos en las bases de datos WoS es uno (2003, 2005-2006).



**Figura 4.108 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad La Laguna**

<sup>317</sup>Universidad de La Laguna. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. [En línea]. Disponible en: [http://www.ull.es/view/institucional/ull/Ingenieria\\_Quimica\\_y\\_Tecnologia\\_Farmaceutica/es](http://www.ull.es/view/institucional/ull/Ingenieria_Quimica_y_Tecnologia_Farmaceutica/es) [consulta: marzo 2012].

La figura anterior (fig. 4.108) muestra, además, la evolución anual del número de citas recibidas registradas. Hasta 2007 asciende a un total de 81, siendo la media de citas por documento de 3,12 y el índice-h de 6. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 129, con una media de 4,96 de citas por documentos y un índice-h de 7. El incremento de citas supone el 59,26%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con los publicados en el año 2000, en ambos casos.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos es el inglés alcanzado el 96,15%, el idioma español es utilizado en un documento, más concretamente un artículo científico publicado en la revista científica española *Afinidad*.

Los 26 documentos publicados por los iq de la Universidad de La Laguna y recogidos en las bases de datos de WoS están publicados en un total de 17 revistas científicas distintas, incluidas en 13 categorías temáticas.

Dos son las revistas que recogen el 23,08% del total de documentos generados por estos investigadores; el 53,85% de la productividad de los iq de la Universidad de La Laguna están publicados en 6 títulos y el 76,92% en 11 títulos distintos. Para recoger el 23,08% restante se necesitan seis títulos más. El 32,88% de la producción están recogidas en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (10 títulos).

El mayor número de documentos los recoge las revistas *Oil Gas-European magazine* y *Water Science and Technology* que publican, cada una de ellas, el 11,54% de la producción (3 docs.). En segunda posición, en relación a número de documentos, están cinco publicaciones recogiendo, cada una de ellas, el 7,69% (2 docs.): *Applied Catalysis A-General*, *Desalination*, *Journal of Chemical and Engineering Data*, *Journal of Membrane Science* y *Water Environment Research*.

La figura siguiente (fig. 4.109) muestra las cuatro categorías que recogen aquellas revistas que publican mayor producción (65,38%). En primer lugar se encuentra, con el 23%, *Chemical Engineering*. Le siguen *Environmental Sciences*, *Water Resources* y *Engineering Environmental*, con el 17,31, 13,46 y 11,54%, respectivamente.

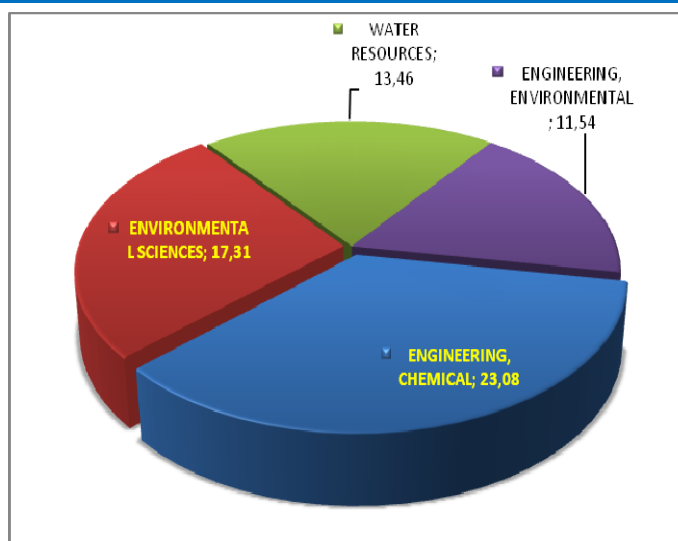


Figura 4.109. Categorías temáticas de la Univ. La Laguna

La media de autores que firman los documentos (Ic) es de 3,69 y la tasa de coautoría del 88,46%.

En relación a la colaboración con otras instituciones, destaca que, del total de documentos en estudio (26), el 50% están en colaboración, encontrándose 6 colaboraciones con distintas instituciones nacionales y 10 internacionales. No existe colaboración intrauniversitaria. A nivel internacional con el único país con quien colaboran, durante el periodo de estudio, es con Francia (10 docs). Del total de las colaboraciones nacionales únicamente se halla una colaboración con el área de IQ de la Universidad de Málaga, encontrando cinco colaboraciones con otras instituciones no universitarias.

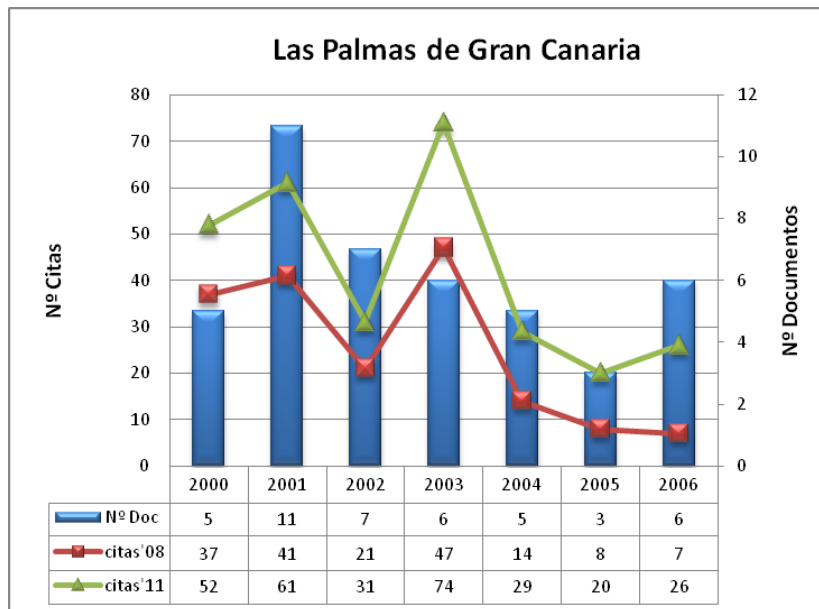
#### 4.7.12.2 Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

El *Departamento de Ingeniería de Procesos*<sup>318</sup> de la Universidad de Gran Canaria se compone de personal adscrito a tres Áreas de Conocimiento, Ingeniería Química, Máquinas y Motores Térmicos y Tecnología del Medio Ambiente, con sede en la Escuela Superior de Ingenieros donde se impartía la titulación de Ingeniero Químico.

<sup>318</sup> Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Ingeniería de Procesos. [En línea]. Disponible en: <http://www.ulpgc.es/index.php?pagina=dip&ver=inicio> [consulta: marzo 2012].

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Gran Canaria, durante el periodo de estudio, es de 43, con una producción media de  $6,14 \pm 1,63$  documentos por año. El número de documentos, oscila entre tres y once, correspondiendo a los años 2005 y 2001, respectivamente.

La figura 4.110 muestra la evolución anual de la producción de los iq de la Universidad de Gran Canaria, donde se puede observar una productividad anual irregular y, una tendencia de la pendiente negativa ( $R^2 = 0,9184$ ).



**Figura 4.110 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Gran Canaria**

La figura anterior (fig. 4.110) muestra, además, la evolución anual del número de citas recibidas registradas. Hasta 2007 asciende a un total de 175, siendo la media de citas por documento de 4,07 y un índice-h de 9. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 293, con una media de 6,81 de citas por documentos y el índice-h de 11. El incremento de citas supone el 67,43%. Los documentos que reciben más citas son los publicados en el año 2003.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos, es el inglés alcanzado el 86,05%, el idioma español es utilizado en cinco documentos (artículos científicos publicados en *Afinidad*),



y un artículo científico publicado en rumano en la revista de Rumania *Revista de Chimie*.

El conjunto de documentos recuperados están publicados en un total de 12 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 8 categorías temáticas. La publicación con mayor producción recoge el 23,26% del total de documentos generados por estos investigadores; el 53,49% de la productividad de los i q canarios está publicada en tres títulos y el 74,42% en cinco títulos distintos. Para recoger el 25,58% restante se necesitan siete títulos más. El 11,63% de la producción está recogida en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (5 rev).

La revista más utilizada es *Desalination* que publica el 23,26% de la producción (10 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Chemical and Engineering Data* con el 16,28% de la producción (7 docs.) y, en tercer lugar, con el 13,95% (6 docs.), *Materials and Corrosion-Werkstoffe und Korrosion*. Todas ellas contabilizan el 53,49% de la productividad de los ingenieros químicos de esta universidad en el periodo estudiado.

Ocho son las categorías que clasifican las 12 revistas utilizadas por los i q de esta universidad. La figura siguiente (fig. 4.111) muestra las cinco primeras, en las cuales están incluidos el 82,50% de los documentos.

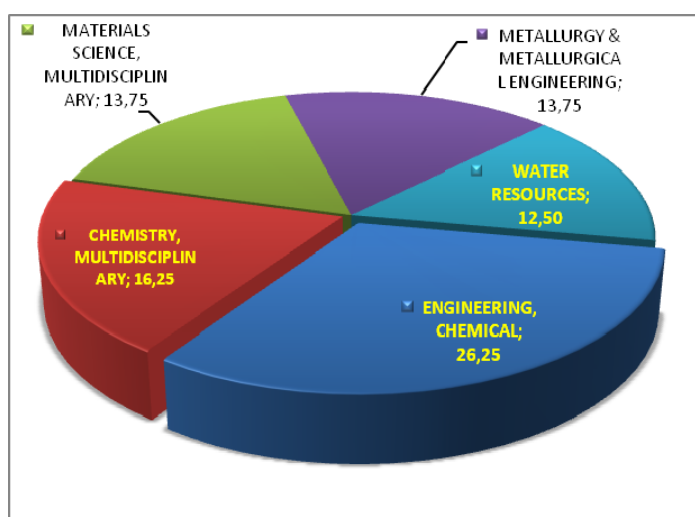


Figura 4.111 Categorías temáticas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

La media de autores que firman los documentos (Ic) está en 3,56 con una tasa de coautoría del 97,67%.

En relación a la colaboración, cabe destacar el escaso índice de colaboración que tienen estos investigadores con otras instituciones, en el periodo estudiado. Únicamente el 32,56% de los documentos están elaborados en colaboración. De éstos (14 de 43), se encuentran 8 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 5 internacionales y 3 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria). Los iq de esta universidad únicamente mantienen colaboración con dos países, Rumania y Argentina, con los que colabora con 4 y 1 documento, respectivamente.

A nivel nacional colaboran con la Universidad de Vigo (2 col.). Con las instituciones no universitarias con quien colabora, se hallan 4 documentos en colaboración con centros de investigación y 2 con empresas.

### 4.7.13 La Rioja

El *Departamento de Química*<sup>319</sup> de la Universidad de La Rioja (única Universidad de la Comunidad Autónoma) está formado por docentes y/o investigadores adscritos a siete áreas de conocimiento distintas y son las siguientes: Química Analítica, Química Física, Química Orgánica, Química Inorgánica, Ingeniería Química, Física Aplicada y Cristalografía y Mineralogía (no impartía la titulación).

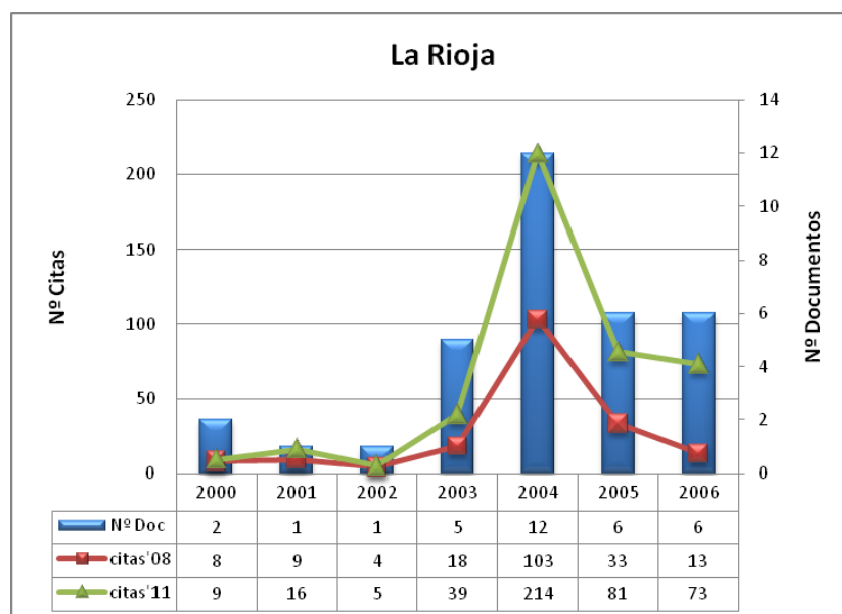
El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de La Rioja, durante el periodo de estudio asciende a 33 documentos, con un promedio de  $4,71 \pm 2,90$  documentos por año. El número de citas recibidas hasta 2007, es de 188; la media de citas por documento de 5,70 y el índice-h de 8. Hasta 2010, el volumen de citas recibidas, asciende a 437 (13,24 citas por documento; índice-h=14). El incremento de citas supone el 132,45%. Los documentos más citados son los publicados en el año 2004.

La figura siguiente (fig. 4.112) muestra la evolución de la productividad de los iq del Departamento de Química de la Universidad de La Rioja, así como de las citas

---

<sup>319</sup> Universidad de La Rioja. Departamento de Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.unirioja.es/dptos/dq/personal/personalarea.shtml> [consulta: marzo 2012].

recibidas. Observamos, por un lado, la baja productividad en los primeros años del periodo estudiado (entre uno y dos documentos) y, por otro, el aumento de número de documentos en los años siguientes (2003, 2005-2006) con el pico pronunciado correspondiente a 2004 (12 docs.). La tendencia es positiva.



**Figura 4.112 Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de la Rioja**

En relación a tipología documental y capacidad idiomática, resaltar que todos los documentos están publicados en inglés y que todos son artículos científicos.

Los 33 trabajos hallados de los iq riojanos, para el periodo 2000-2006, están publicados en 14 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 17 categorías temáticas.

El mayor número de documentos los recoge la revista *Analytica Acta* que recoge 11 documentos (33,33%). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Chromatography A*, con el 12,12% de la producción (4 docs.). En tercer lugar se sitúan dos títulos *Chromatographia* y *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, cada una con 3 documentos (9,09%). Los cuatro títulos acumulan el 63,64% de la productividad los iq riojanos. Dos títulos más son necesarios para reunir el 75,76% del total, necesitándose ocho títulos más para alcanzar el 24,24% restante.

Es significativo que el número de categorías temáticas sea superior al número de revistas lo que implica una alta tasa de multiasignación de las revistas a dichas categorías. El 42,86% de las revistas (10) están asignadas a más de una categoría (2,7 categorías de promedio).

El 70,69% de los documentos están clasificados en cuatro categorías (fig. 4.113) y, el resto de la producción (29,31%) está disperso en trece categorías. La categoría más recurrente es *Analytical Chemistry* (41,38%). Únicamente una revista está incluida en la categoría *Chemical Engineering*, la cual publica un solo documento.

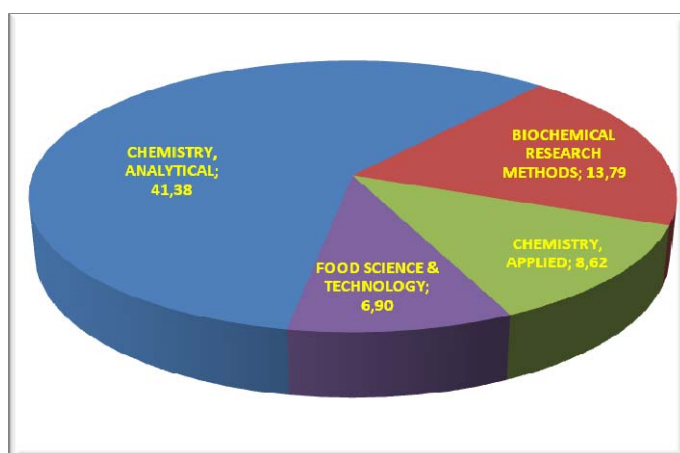


Figura 4.113 Categorías temáticas de la Universidad de La Rioja

La media de autores firmantes de los distintos documentos ( $I_c$ ) es de 3,42 y la tasa de coautoría es del 100%.

Destaca la escasa colaboración en el periodo estudiado. Únicamente el 27,27% de los documentos están elaborados en colaboración con investigadores de otras instituciones. De los 33 documentos, únicamente 9 están en colaboración, hallándose 3 colaboraciones nacionales, 3 internacionales y otras 3 intrauniversitarias.

A nivel internacional los investigadores iq riojanos únicamente mantienen colaboración con 2 países Italia y Noruega (con 2 y 1 documentos, respectivamente). De la misma forma sólo colaboran con dos universidades, Zaragoza y Santiago de Compostela, con un documento con cada universidad. Con entidades no universitarias únicamente colaboran en una ocasión y lo hace con un centro de investigación.

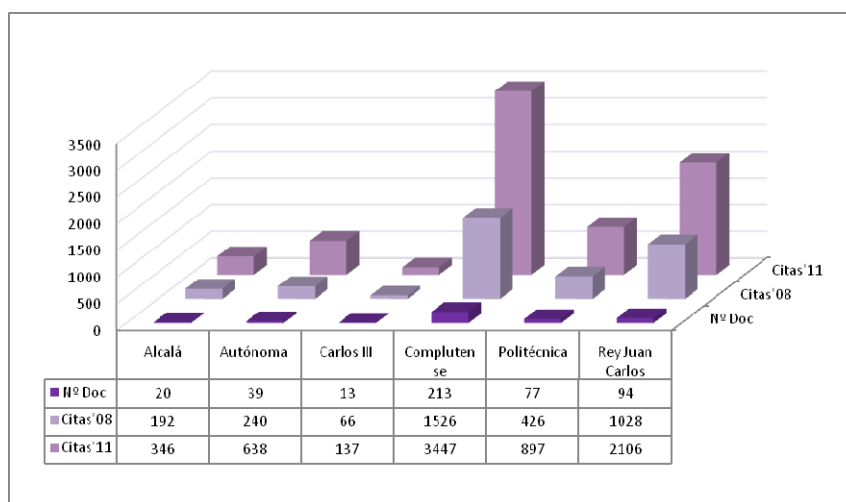
### 4.7.14 Madrid

La CCAA de Madrid cuenta con 15 universidades siendo 7 de ellas de entidad pública. De ellas, seis tienen un área de ingeniería química. Destaca la Universidad Politécnica de Madrid la cual tiene cuatro departamentos con docentes del área de Ingeniería Química. Los nombres de las Universidades junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla siguiente (tabla 4.47).

**Tabla 4.47. Producción científica de las universidades de Madrid**

Universidad	Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Otr
Alcalá	5	1	2	6	2	2	2	20	19	1	192	9,60	5	346	17,30	7	19	1	0
Autónoma de Madrid	4	6	5	2	10	7	5	39	38	1	240	6,15	8	638	16,36	14	39	0	0
Carlos III de Madrid	3	2	1	4	1	1	1	13	13	0	66	5,08	5	137	10,54	8	11	2	0
Complutense de Madrid	28	28	23	9	28	48	49	213	212	1	1526	7,16	18	3447	16,18	30	212	1	0
Politécnica de Madrid	10	13	6	12	10	10	16	77	77	0	426	5,53	12	897	11,65	16	71	6	0
Rey Juan Carlos	7	8	10	7	14	28	20	94	93	1	1028	10,94	17	2106	22,40	26	94	0	0

La figura siguiente (fig. 4.114) muestra las Universidades públicas madrileñas con Áreas de Ingeniería Química, algunas de ellas con baja productividad (Alcalá, Autónoma y Carlos III).



**Figura 4.114. Producción científica de las universidades de Madrid**

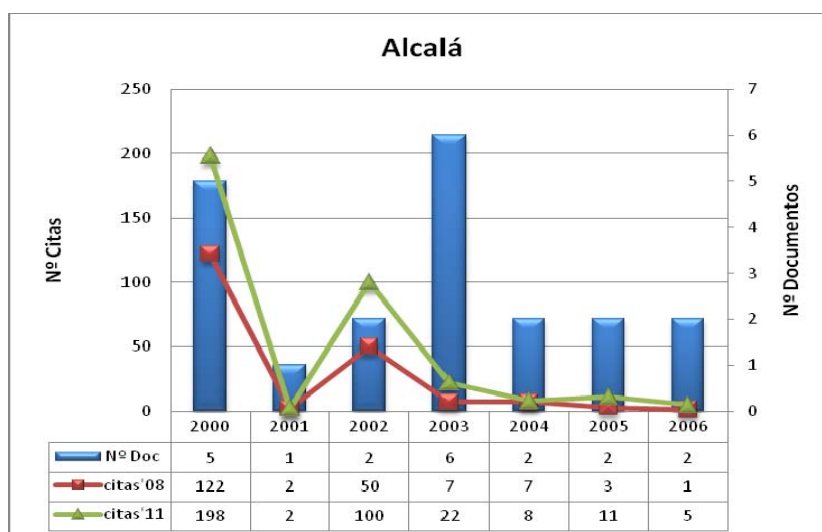
De las otras tres destaca la Universidad Complutense por número de documentos y citas seguida de Rey Juan Carlos y la Politécnica y, de ésta última, el área de IQ del Departamento de Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente, ocurriendo lo

mismo, según muestra la tabla anterior (tabla 4.47), en relación al índice-h. Pero en relación al promedio de citas por documento la Universidad Rey Juan Carlos ocupa el primer puesto, seguida del área de IQ de la Universidad de Alcalá y Complutense, en ambas tomas de datos.

#### 4.7.14.1 Universidad de Alcalá

El *Departamento de Química Analítica e Ingeniería Química*<sup>320</sup> de la Universidad de Alcalá, se compone de personal adscrito a las áreas de conocimiento de Ingeniería Química y Química Analítica, tenía sede en la Facultad de Ciencias. El área de IQ impartía docencia en las Licenciaturas de Química y Medio Ambiente.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Alcalá, durante el periodo de estudio, asciende a 20 documentos con una producción media de  $2,86 \pm 1,51$  documentos por año.



**Figura 4.115. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Alcalá**

La figura 4.115 muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, donde se observa una tendencia negativa. La producción es escasa, entre uno y dos documentos, durante la mayoría de los años

<sup>320</sup> Universidad de Alcalá. Departamento de Química Analítica e Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: [http://www2.uah.es/dep\\_qaiq/](http://www2.uah.es/dep_qaiq/) [consulta: marzo 2012].

con la excepción de los años 2000 y 2003 con una producción de 5 y 6 documentos, respectivamente.

La figura anterior (fig. 4.115) muestra, además, la evolución anual del número de citas recibidas registradas. Hasta 2007 asciende a un total de 192, siendo la media de citas por documento de 9,60 y el índice-h de 5. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 346, con una media de 17,30 de citas por documentos y un índice-h de 7. El incremento de citas supone el 136,31%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con los publicados en el año 2000.

El 95% de los documentos son artículos científicos hallándose, para el periodo estudiado, un único review. El idioma más utilizado es el inglés, que alcanza el 95%. El idioma español es utilizado en un documento: un artículo publicado en la revista científica española *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.

El conjunto de documentos de los iq de Alcalá están publicados en 17 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 14 categorías temáticas.

El 30% de la producción están publicados en 3 títulos: *AIChE Journal*, *Chemical Engineering and Processing* y *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, dada una de ellas publican dos documentos. El 70% de la producción está recogida en revistas (14) que publican un solo documento durante el periodo estudiado.

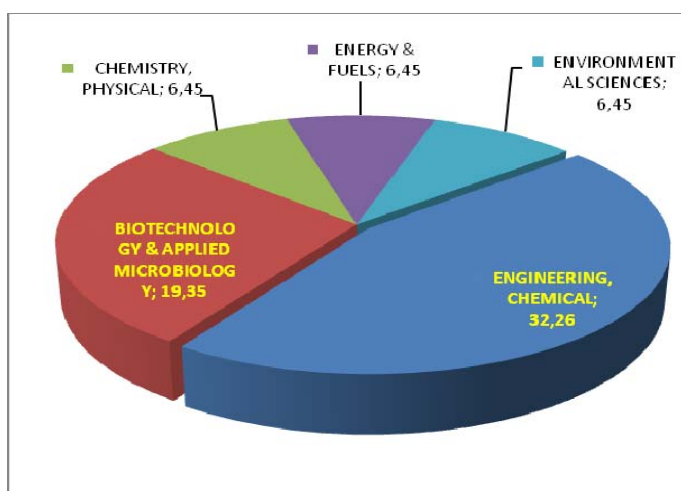


Figura 4.116. Categorías temáticas de la Univ. Alcalá

La figura anterior (fig. 4.116) muestra las categorías temáticas en las que están encuadradas las revistas científicas que publican el mayor número de documentos de estos investigadores (70,97%).

La media de autores que firman los documentos (Ic) es de 3,40 y la tasa de coautoría del 100%.

El 45% (9 docs.) de los documentos recuperados, para el período de estudio, están elaborados en colaboración, hallándose 10 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 2 internacionales y una colaboración intrauniversitaria.

A nivel internacional los investigadores iq de la UEx mantienen colaboración con 4 países distintos, Colombia, Israel, Holanda y USA, con un documento con cada uno de ellos.

Las colaboraciones nacionales (10) están repartidas entre las 7 mantenidas con otras universidades y las 3 con centros de investigación. Las distintas Universidades con quien colabora son Almería, Autónoma de Madrid, Complutense y Oviedo, con 3, 2 documentos las dos primeras y 1 con las dos siguientes, con una colaboración con miembros del área de IQ de cada una de las universidades.

#### 4.7.14.2 Universidad Autónoma de Madrid

El *Departamento de Química Física Aplicada* de la Universidad de Autónoma de Madrid se compone de personal adscrito a tres Áreas de Conocimiento, Ciencias de la Alimentación, *Ingeniería Química* y Química Física, tenía sede en la Facultad de Ciencias. El área de *Ingeniería Química*<sup>321</sup> de la Universidad Autónoma de Madrid se creó en 1998 y tenían asignada docencia en las titulaciones de I.T. Industrial (Especialidad Química Industrial), Química, Ciencias Ambientales y Ciencia y Tecnología de los Alimentos y en el programa de doctorado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos e Ingeniería Química. La participación en el Título de Ingeniero Técnico Industrial (Especialidad en Química Industrial) es destacada, impartándose un número relevante de asignaturas y realizándose labores de gestión y coordinación. En las otras titulaciones indicadas se imparten materias propias del Área de Conocimiento

---

<sup>321</sup> Universidad de Autónoma de Madrid. Departamento de Química Física Aplicada. [En línea]. Disponible en: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/qfa/default.html> [consulta: marzo 2012]

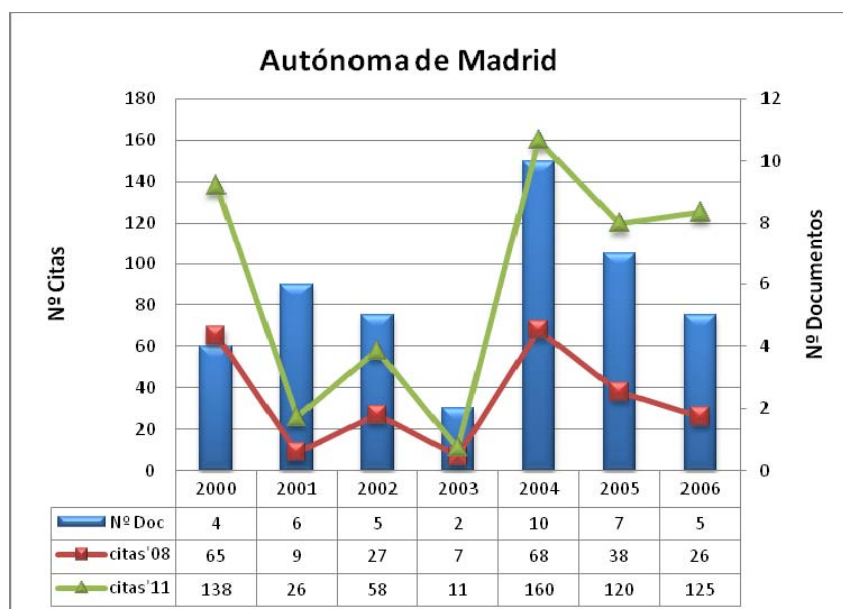


tales como Fenómenos de Transporte, Ingeniería de la Reacción Química o Ingeniería Ambiental.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Autónoma de Madrid, durante el periodo de estudio, asciende a 39 con una producción media de  $5,57 \pm 1,80$  documentos por año.

La figura siguiente (fig. 4.117) muestra la evolución de la producción científica y las citas recibidas a los documentos del área de IQ, producidos a lo largo de periodo estudiando. Con tendencia de crecimiento ligeramente positiva, la producción es muy parecida (entre 4 y 7 docs.) en los distintos años estudiados, con la excepción de los años 2003 y 2004, para los cuales se obtienen el mínimo de la producción (2 docs.) y el máximo (10 docs.).

Hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio obtiene 240 citas, con una media de cita por documento de 6,15 y un índice-h de 8. Hasta 2010, el número de citas recibidas asciende a 638, siendo la media de citas por documento de 16,36 y un índice-h de 14. El incremento en número de citas fue de 165,83%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2004. .



**Figura 4.117. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Autónoma de Madrid**

Todos los documentos recuperados utilizan el inglés en la redacción de los trabajos. De los 39 documentos de estudio para esta universidad, 38 son artículos científicos y 1 es de tipo review.

Los 39 documentos están publicados en un total de 28 revistas científicas distintas las cuales están clasificadas en 18 categorías temáticas.

El 20,51% están publicados en las revistas *Applied Catalysis B-Environmental* e *Industrial & Engineering Chemistry Research*, que recogen el 12,82% (5 docs.) y 7,69% (3 docs.), respectivamente. El 53,85% restante está en revistas (21 rev) que publican un documento durante el periodo estudiado.

La figura 4.118 muestra las categorías temáticas más recurrentes. El 20,55% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática *Chemical Engineering* (15 docs.); el 17,81% por la categoría *Chemistry Physical* y el 10,96% por *Engineering Environmental*.

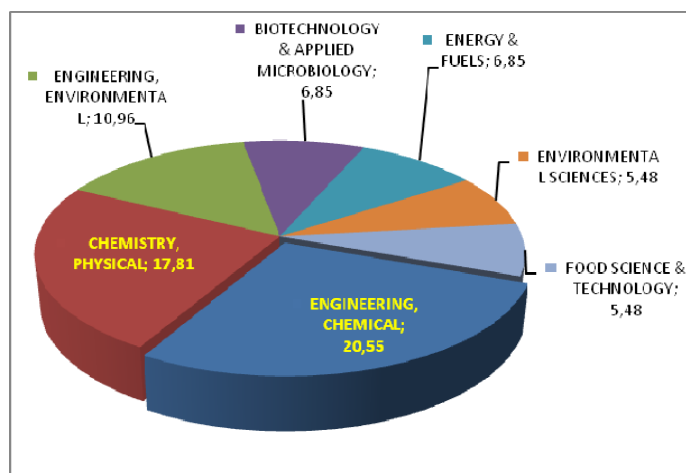


Figura 4.118. Categorías temáticas de la Univ. Autónoma de Madrid

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) están en 4,44 con una tasa de coautoría del 100%.

En cuanto a la colaboración de los investigadores de la Autónoma de Madrid, cabe destacar el elevado grado de colaboración que tienen estos investigadores en el periodo estudiado. Así, de un total de 39 documentos el 74,36% de ellos están en colaboración (29 docs.), encontrándose 33 colaboraciones con distintas instituciones nacionales y

12 con instituciones internacionales, no hallándose ninguna colaboración intrauniversitaria.

A nivel internacional estos investigadores colaboran con 6 países distintos, destacando las 4 colaboraciones con Reino Unido y Uruguay. Con una colaboración se hallan Cuba, Grecia, Israel y USA.

Las colaboraciones nacionales (33) están repartidas entre las 29 colaboraciones con otras universidades y 4 con centros de investigación. Dentro del grupo de universidades españolas con quienes colaboran, se halla la Universidad Complutense de Madrid con 17 colaboraciones siendo 15 de ellas con el área de IQ de esa universidad. Le siguen, la Universidad de Málaga con 5 colaboraciones (todas ellas con el área de IQ) y la Universidad Politécnica de Madrid con 2 colaboraciones. Con una colaboración están las universidades de las Palmas de Gran Canaria, Cantabria y Rey Juan Carlos, las colaboraciones con las dos últimas universidades se realizan con investigadores del área de IQ.

#### 4.7.14.3 Universidad Carlos III

El *Departamento de Ciencias e Ingeniería de los Materiales e Ingeniería Química*<sup>322</sup> de la Universidad Carlos III se compone de personal adscrito a las áreas de conocimiento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería metalúrgica e *Ingeniería Química*<sup>323</sup> con sede en la Escuela Politécnica Superior.

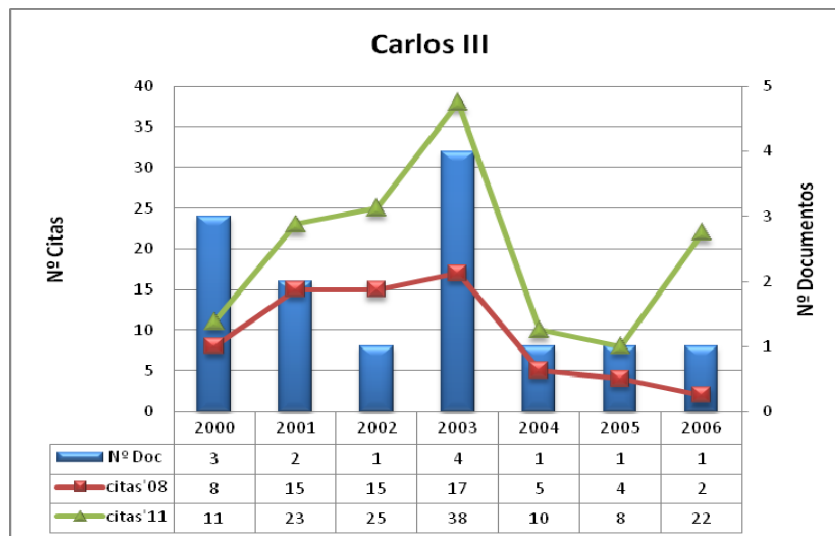
El número de documentos publicados por el área de IQ de esta Universidad, durante el periodo de estudio, asciende a 13 documentos con una producción media de  $1,86 \pm 0,98$  documentos por año.

En la figura 4.119, se muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando. Se observa un descenso en la producción durante los tres primeros años. En la mitad del periodo (año 2003) se incrementa de nuevo, con respecto a los dos años anteriores, y baja en los tres años siguientes.

---

<sup>322</sup> Universidad Carlos III. Departamento de Ciencias e Ingeniería de los Materiales e Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: [http://www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto\\_ciencia\\_mat\\_ing\\_quim](http://www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto_ciencia_mat_ing_quim). [consulta: marzo 2012]

<sup>323</sup> En el periodo de estudio, el área de IQ la componía un único profesor.



**Figura 4.119. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Carlos III de Madrid**

Del mismo modo, a figura anterior (fig. 4.119) refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 66, siendo la media de citas por documento de 5,08 y un índice-h de 6. Hasta 2010, el número de citas recibidas asciende a 137, siendo la media de citas por documento de 10,54 y un índice-h de 8. El incremento en número de citas fue de 107,58%. El año que publica los documentos más citados se corresponden con 2003.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado es el inglés que alcanza el 84,61%. El idioma español es utilizado en dos artículos publicados en la revista científica española *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.

Los 13 documentos recuperados están publicados en 7 revistas científicas distintas, clasificadas éstas en 9 categorías temáticas.

Las dos revistas que recogen mayor producción son *Journal of Colloid and Interface Science* y *Journal of Materials Processing Technology*, las cuales publican el 23,08% (3 docs.) cada una. Dos revistas publican el 15,38%, la revista española *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* y *Journal of Fluorescence*, que publican dos documentos en este periodo. Para publicar el 76,92% de la producción se necesitan únicamente cuatro revistas, existiendo tres títulos con un único documento.

Las dos categorías más recurrentes son *Chemistry Physical* y *Materials Science Multidisciplinary* con el 17,39% cada una de ellas. Les siguen *Engineering Industrial* y *Engineering Manufacturing* con el 13,04%, cada una de ellas, y *Chemistry Physical* con el 17,39% de la producción. No existe ningún documento clasificado en la categoría temática de *WoS Chemical Engineering* (fig. 4.120).

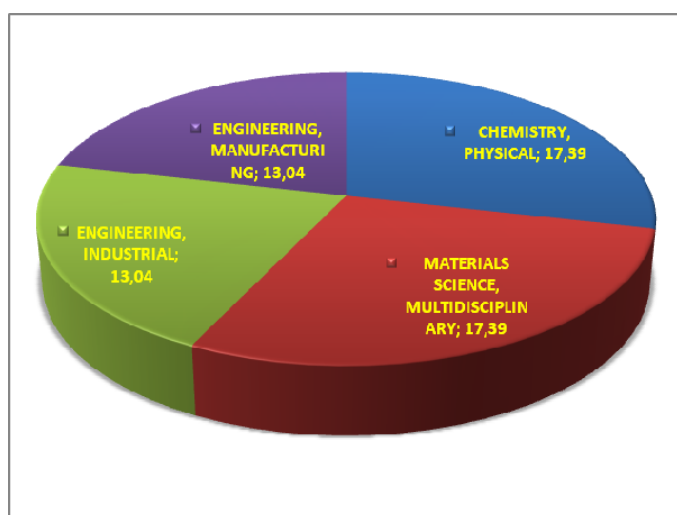


Figura 4.120. Categorías temáticas de la Univ. Carlos III de Madrid

La media de firmas en los documentos ( $I_c$ ) está en 4,46 con una tasa de coautoría del 100%.

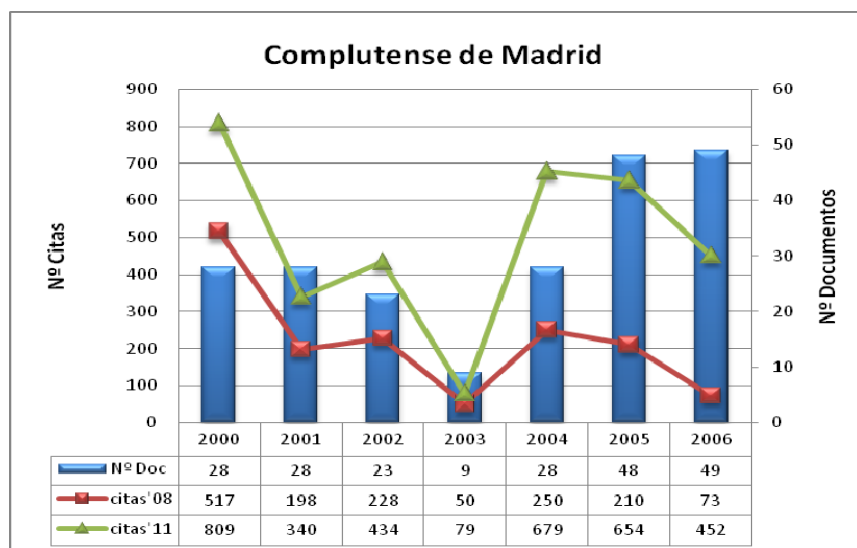
En relación a la colaboración en los documentos con otras instituciones o áreas distintas a la propia, el 38,46% de los documentos (5 docs.) están en colaboración. Así, de los 5 documentos en colaboración, 3 de ellos son con instituciones nacionales (centros de investigación) y 2 internacionales. A nivel intrauniversitario no mantiene colaboración. A nivel internacional únicamente mantienen colaboración con Portugal (2 col.).

#### 4.7.14.4 Universidad Complutense

El Departamento de Ingeniería Química<sup>324</sup> de la Universidad de Complutense se compone de personal adscrito al área de conocimiento de Ingeniería Química, con sede en la Facultad de Ciencias Químicas donde se impartía la titulación de Ingeniero Químico y docencia, además, en Ciencias Biológicas, Químicas y Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de esta Universidad, durante el periodo de tiempo estudiado, asciende a 213 documentos con una producción media de  $30,43 \pm 10,33$  documentos por año.

En la figura 4.121 se muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando. Con tendencia creciente y producción irregular se observa, por un lado, una producción constante en los tres primeros años de estudio y el descenso en el año 2003 donde se obtienen los resultados más bajos (9 documentos). Por otro lado, a partir del año 2004 comienza a crecer y así hasta el final del periodo. Para el año 2006 se obtiene el máximo de producción con 49 documentos.



**Figura 4.121. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Complutense**

<sup>324</sup> Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.ucm.es/info/diq/> [consulta: marzo 2012].

Del mismo modo, la gráfica anterior, muestra la distribución anual de las citas recibidas durante el periodo de estudio. Hasta el año 2007 se obtiene 1526 citas, con una media de cita por documento de 7,16 y un índice-h de 18. El número de citas recibidas hasta 2010 asciende a 1921 (16,18 citas/documentos) lo que supone un incremento del 125,88%. El índice-h en este momento es de 30. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2002.

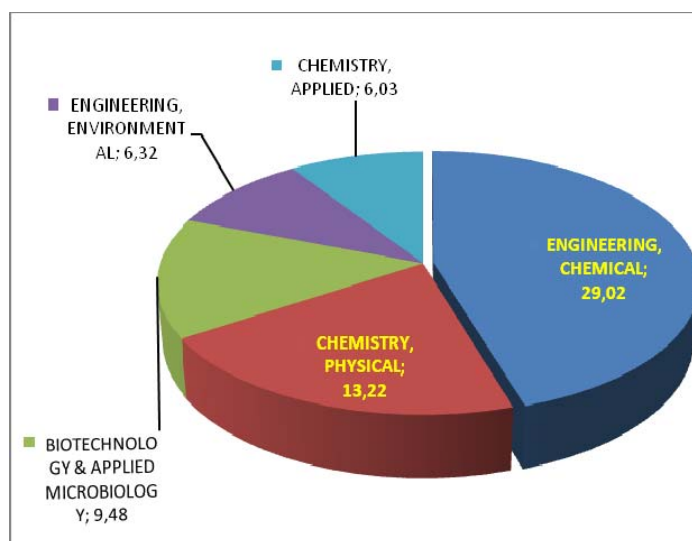
De los 213 documentos generados por los i<sup>q</sup> de la Complutense, sólo uno es del tipo review, el resto de los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado es el inglés alcanzado el 98,63%, el idioma español es utilizado en un artículo científico publicado en *Revista de Metalurgia*.

El conjunto de los documentos están publicados en un total de 85 revistas científicas distintas que están clasificadas en 37 categorías temáticas.

Las dos revistas con mayor producción recogen el 22% del total de documentos generados por estos investigadores; el 50,70% de la productividad están publicados en 12 títulos y el 75,12% en 34 títulos distintos. Para reunir el 24,88% restante se necesitan 51 títulos más. El 23% (49 docs.) de la producción está en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado.

La mayor número de documentos de estos investigadores está publicado en dos títulos, *Industrial & Engineering Chemistry Research* con el 15,49% de la producción (33 docs.) y *Enzyme and Microbial Technology*, con el 6,57% (14 docs.). El tercer puesto lo comparten, con el 4,23% y nueve documentos cada una, las revistas *Applied Catalysis B-Environmetal*, *Chemical Engineering Science* y *Energy & Fuels*.

El 29% de los documentos están clasificados en categoría *Chemical Engineering* (101 docs.); en *Chemistry, Physical* el 13,22% (46 docs.); el 9,48% (33 docs.), en *Biotechnology & Applied Microbiology*; el 6,32% (22 docs.) en la categoría *Engineering Environmental* y en *Chemistry Applied*, el 6% de la producción (21 docs.), (fig. 4.122).



**Figura 4.122. Categorías temáticas de la Universidad Complutense**

La media de autores que firman los documentos (lc) es de 4,15 con una tasa de coautoría del 99,53%.

De los 213 documentos en estudio, el 40,38% de ellos están elaborados en colaboración. En los 86 documentos en colaboración, se hallan 77 con distintas instituciones nacionales, 37 con instituciones internacionales y 14 con distintas unidades de su propia universidad (intrauniversitaria).

Las 37 colaboraciones internacionales están realizadas con trece países distintos: 8 con los Países Bajos; 5 con Finlandia; 4 con Francia y USA; 3 con Italia; 2 con Dinamarca, Irán, Portugal, Eslovenia y Suecia. Con una colaboración se encuentran Alemania, Argentina y México.

De las 77 colaboraciones mantenidas con instituciones nacionales, 57 lo son con otras instituciones universitarias y otras 20 con instituciones no universitarias.

Con las Universidades con quien más colabora son con las de su propia Comunidad Autónoma, destacando las 20 colaboraciones con Rey Juan Carlos (19 con el área de IQ); las 15 mantenidas con el área de IQ de la Autónoma de Madrid y las 6 con la Politécnica de Madrid. Con la Universidad de Alcalá mantiene dos colaboraciones siendo una de ellas con el área de IQ de esta universidad.



Otras Universidades con las que colaboran son la Universidad de Zaragoza y Cantabria, con cuatro colaboraciones con cada una de ellas (todas con área de IQ); con la Universidad de Girona mantiene 2 colaboraciones, siendo una de ellas con el área de IQ; con una colaboración se encuentran las Universidades de Málaga y Castilla-La Mancha, ambas con investigadores del área de IQ.

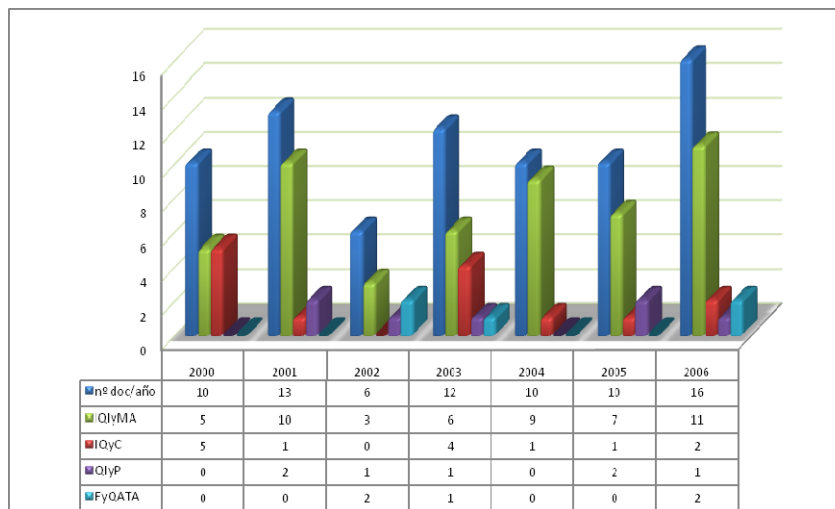
También mantiene una colaboración con las universidades privadas de San Pablo CEU y Pontificia de Comillas. Las colaboraciones con instituciones no universitarias son con centros de Investigación (8 con CSIC y 7 con otros centros), 4 con empresas y 1 con hospitales.

#### 4.7.14.5 Universidad Politécnica de Madrid

La Universidad de Politécnica de Madrid tenía en su estructura departamental cuatro departamentos con área de Ingeniería Química: el *Departamento de Ingeniería Química y Combustibles* con sede en Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, el *Departamento de Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente* en Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industriales, el *Departamento de Física y Química Aplicada a la Técnica Aeronáutica* con sede en E.U.I.T. Aeronáutica y el *Departamento de Química Industrial y Polímeros* con sede en Escuela Universitaria de Ingenierías Técnica Industrial, impartándose la titulación de Ingeniero Químico en esta última.

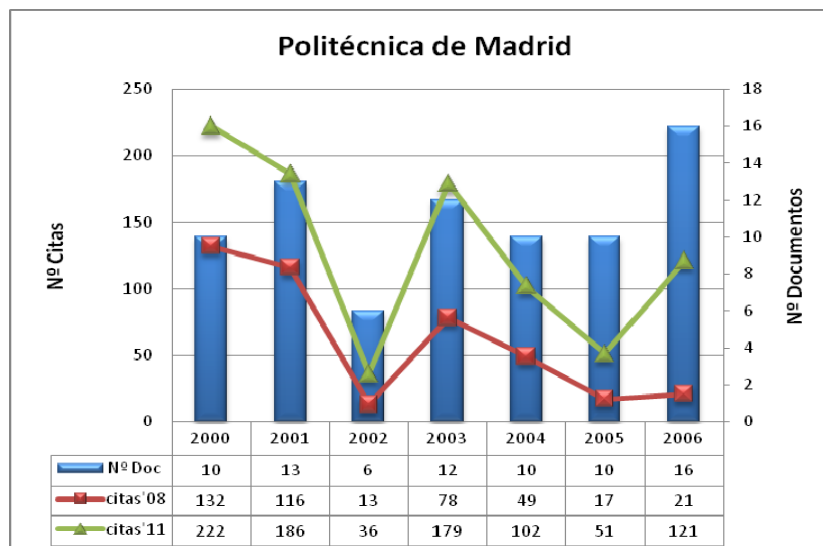
El número total de documentos publicados por los investigadores de las cuatro áreas de Ingeniería Química de la Politécnica de Madrid durante el periodo de estudio asciende a 77 documentos, con un promedio de  $11 \pm 2,29$  documentos por año.

La figura siguiente (fig. 4.123) muestra la distribución anual del número de documentos producidos por la Politécnica de Madrid, de forma global y el desglose por los departamentos con área de IQ de la universidad.



**Figura 4.123. Distribución de producción de los departamentos de la Universidad Politécnica de Madrid**

La figura 4.124 muestra la distribución del número de documentos producidos, a lo largo de periodo estudiando, por los iq de la Universidad Politécnica de Madrid, así como la correspondiente a la citación. Se observa un crecimiento positivo aunque el número de documentos tiene mucha variación a lo largo de los años.



**Figura 4.124. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Madrid**

Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 426, siendo la media de citas por documento de 5,53 y un índice-h de 12. El número de citas recibidas hasta 2010 suman un total de 897 citas, con un promedio de 11,65 citas por documento y un

índice-h de 16. El incremento producido asciende al 110,56%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2000.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado es el inglés alcanzado el 92,21%, el idioma español es utilizado en seis documentos (7,79%).

En relación a la publicación elegida para recoger los distintos trabajos, destaca la gran dispersión de los documentos en un total de 46 revistas distintas, encuadradas éstas en 36 categorías temáticas.

Cuatro revistas recogen el 25,97% de la producción total y son necesarias 10 títulos más para alcanzar el 51,95%. El 75,32% de la producción de los i q de la Politécnica de Madrid están publicados en *27 títulos y el 35,06% en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (27 revistas)*.

*La revista más utilizado, Journal of Applied Polymer Science, recoge el 7,79%, siguiéndole Applied Surfaces Science y Journal of Chemical Education que publican, cada uno, el 6,49% del total y Polymer Degradation and Stability el 5,19%.*

El 25,97% de los documentos están publicados en revistas incluidas en la categoría *Polymer Science* (20 docs.); el 18,18% en *Chemistry Physical* y el 14,29% en *Chemistry Analytical*.

El promedio de autores que firman los documentos de los i q de los cuatro departamentos (Ic) es de 3,87 siendo la tasa de coautoría del 97,40%.

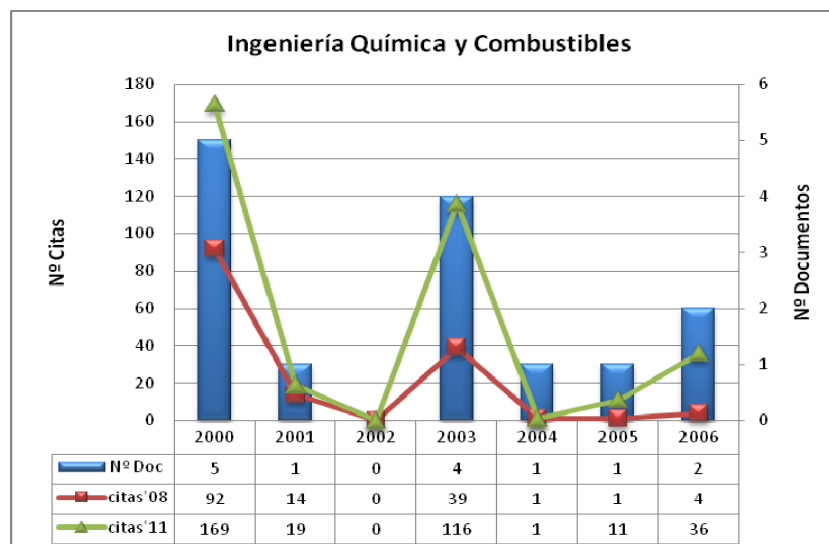
En relación a la colaboración nacional e internacional e tanto intrauniversitaria, se detallan en los departamentos respectivos, destacando que no existe colaboración entre los distintos departamentos.

#### 4.7.14.5.1 Departamento de Ingeniería Química y Combustibles

El Departamento de *Ingeniería Química y Combustibles*<sup>325</sup> de la Politécnica de Madrid está formado por docentes y/o investigadores adscritos a estas áreas de conocimiento y con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Los docentes y/o investigadores adscritos al área de conocimiento de Ingeniería Química de este departamento, tienen una productividad de 14 documentos durante el periodo de estudio, suponiendo el 18,18% de la producción correspondiente a la producción de la IQ de la Universidad Politécnica de Madrid.

La figura 4.125 muestra la evolución de la producción de los iq durante el periodo de estudio tal como la de la citación. Se observan una baja producción y pendiente negativa. El máximo alcanzado corresponde al año 2000 con 5 documentos recogidos por las bases de datos de WoS y los mínimos, con un documento, los correspondientes a 2001, 2004-2005. Durante el año 2002 no registra ningún documento.



**Figura 4.125. Producción científica y evolución de la citación del Departamento de Ingeniería Química y Combustibles**

<sup>325</sup>Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Química y Combustibles. [En línea]. Disponible en: <http://www.qyc.upm.es/> [consulta: marzo 2012].

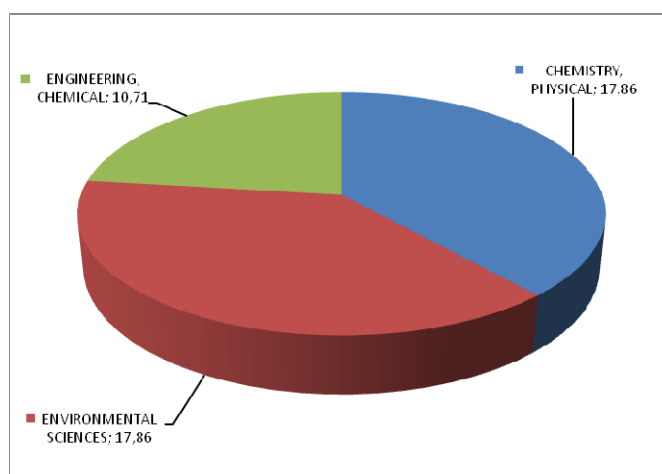
El promedio de documentos por año es de  $2 \pm 1,43$ . El número de citas recibidas hasta 2007, es de 151, siendo la media de citas por documento de 10,79 y el índice-h de 6. Hasta 2010, el volumen de citas alcanza un número de 252 (cita media por documento de 25,8; índice-h = 8), lo que supone un incremento del 133,11%. Los documentos que recogen más citas, en ambos casos, se corresponden con los publicados en el año 2000

El 100% de los documentos son artículos científicos y todos los documentos están redactados en inglés.

Los 14 documentos están repartidos en 10 revistas científicas distintas, siendo 13 las categorías temáticas en las que están clasificadas estas publicaciones científicas.

El 57,14% de la producción están recogidos en cuatro títulos, *Applied Catalysis A-General, Biomass & Bioenergy, Reaction Kinetics and Catalysis Letters* y *Reactive & Functional Polymers* los cuales publican, cada uno de ellos, dos documentos (14,29%). Las seis revistas restantes publican el 42,86% con un documento cada una de ellas.

La figura 4.126 muestra las tres categorías temáticas en las que están clasificadas las revistas con mayor número de documentos. Así las categorías *Chemistry Physical* y *Environmental Sciences* recogen, cada una de ellas, el 17,86% (5 docs cada una) y la categoría temática *Chemical Engineering* el 10,71% (3 documentos).



**Figura 4.126. Categorías temáticas del Departamento de Ingeniería Química y Combustibles**

La media del número de firmas en los distintos documentos (Ic) es 5 y la tasa de coautoría es del 100%.

De los 14 documentos recuperados de las bases de datos de WoS, para el periodo estudiado, el 42,86% de ellos están elaborados en colaboración, hallándose 5 colaboraciones con instituciones nacionales, 3 con internacionales y una colaboración intrauniversitaria. A nivel nacional<sup>326</sup> colaboran con la Universidad de Oviedo en tres ocasiones y con la Autónoma de Madrid en dos. A nivel internacional únicamente colaboran con Reino Unido en tres ocasiones.

#### 4.7.14.5.2 Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente

El Departamento de *Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente*<sup>327</sup> de la Universidad Politécnica de Madrid, está formado por docentes y/o investigadores adscritos a tres áreas de conocimiento, Química Aplicada<sup>328</sup>, Medio Ambiente y Tecnología Química teniendo sede en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industriales.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de este departamento durante el periodo de estudio asciende a 51 lo que supone el 66,23% de la producción de la IQ de la Universidad Politécnica de Madrid, siendo el promedio de  $7,29 \pm 2,33$  documentos por año.

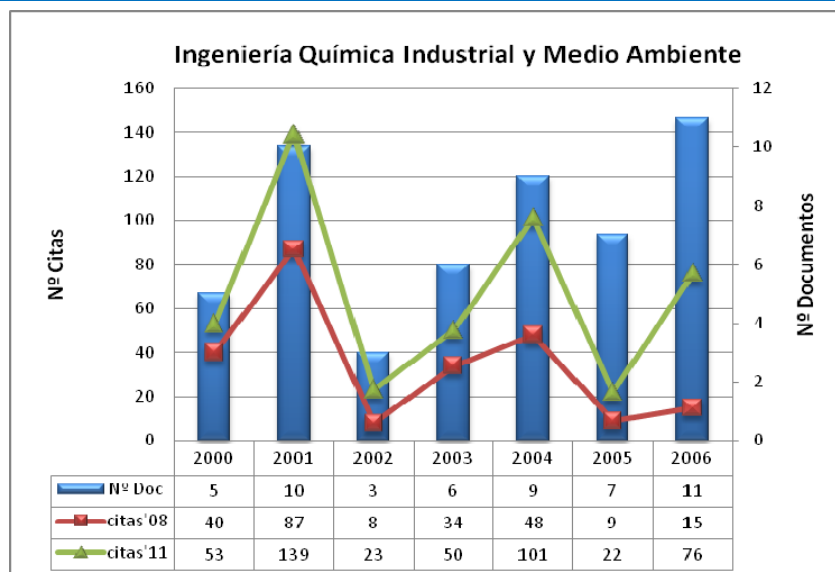
La figura siguiente (fig. 4.127) muestra la evolución anual tanto de la producción del área de IQ de esta universidad así como de las citas recibidas. La distribución de los documentos presenta una evolución irregular en número de documentos por año y una tendencia positiva. Once es el máximo de documentos hallados y corresponden al año 2006 y el mínimo, con tres documentos, corresponde al año 2002.

---

<sup>326</sup> No mantienen colaboración con otras áreas de IQ.

<sup>327</sup> Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente. [En línea]. Disponible en: <http://quim.igi.etsii.upm.es/> [consulta: marzo, 2012].

<sup>328</sup> En el listado de profesores del MEC (2004) utilizados como fuente de información, aparecen los profesores del área de Ingeniería Química (en la página del dpto. aparecen como de Química Aplicada)



**Figura 4.127. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente**

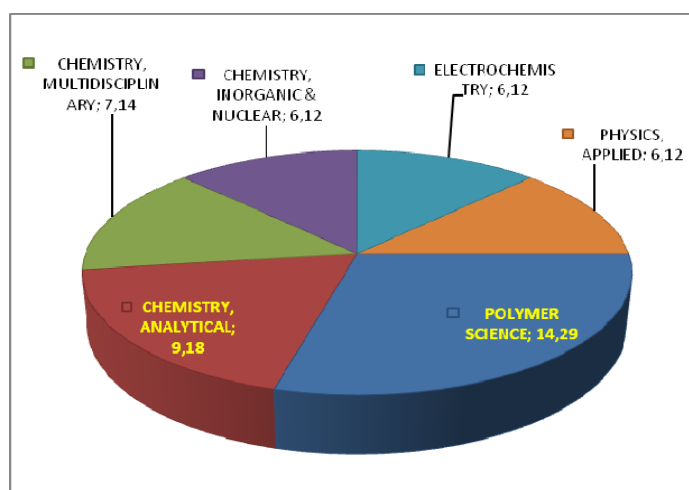
El número de citas recibidas hasta 2007, asciende a 241 (4,73 citas por documento; índice-h=9), y las obtenidas hasta 2010 son un total de 464 (9,10 citas/documento; índice-h=11) lo que supone un incremento del 92,53%. Los documentos que recogen más citas se corresponden con el año.

El 100% de los documentos publicados en el periodo estudiado son artículos científicos. De ellos, el 88% está publicado en inglés (45 docs.) y el 12% restante (6 docs.) en español siendo todos estos artículos publicados en las revistas españolas *Afinidad*, *Grasas y Aceites* e *Ingeniería Química* (2 artículos en cada título).

Los 51 trabajos están publicados en 27 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 25 categorías temáticas.

El 50,98% de la producción está publicada en siete títulos, el 74,51% en catorce y para llegar al 100% de la producción, se necesitan otros 13 títulos y existen 15 que únicamente publican un documento de estos investigadores en el periodo analizado (29,41%). El mayor número de documentos (seis) los recoge la revista *Journal of Applied Polymer Science* correspondiéndole el 11,76%. Le siguen, en número de documentos publicados, *Applied Surface Science* y el *Journal of Chemical Education* con el 9,80%, cada uno de ellos (5 docs.).

La figura 4.128 recoge las 6 categorías temáticas con mayor producción (49%). Así, el 14,29% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática *Polymer Science* (14 docs.); el 9,18% en la categoría *Chemistry Analytical* (9 documentos); el 7,14% (7 documentos.) en *Chemistry Multidisciplinary*, finalmente, con el 6,12%, *Chemistry Inorganic & Nuclear*, *Electrochemistry* y *Physics Applied* (6 docs.).



**Figura 4.128. Categorías Temáticas del Dpto. Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente**

La media de autores firmantes en los distintos documentos ( $I_c$ ) es 3,51 y la tasa de coautoría es del 96,08%.

De los 51 documentos en estudio, el 76,47% (39 docs.) de los documentos están elaborados en colaboración, hallándose 30 colaboraciones nacionales, 16 internacionales y 2 intrauniversitarias.

Las colaboraciones internacionales están realizadas con ocho países distintos, 3 con Marruecos y USA, 2 con Alemania, Argentina, Grecia y China y una colaboración con México y Turquía. De las 30 colaboraciones mantenidas con instituciones nacionales, 24 de ellas corresponden a instituciones universitarias, siendo la universidad con quién establece mayor colaboración la Autónoma de Madrid (11 col.), seguida de la Complutense de Madrid (9 col.). Otras universidades con quien colabora son la UNED (2 col.), Oviedo (1 col.) y en una ocasión con el área de IQ del Dpto. de Ingeniería Química y Medio Ambiente de la Universidad del País Vasco. Con centros no universitarios mantienen 6 colaboraciones, 3 con empresas y 3 con centros de investigación (1 de ellos con el CSIC).



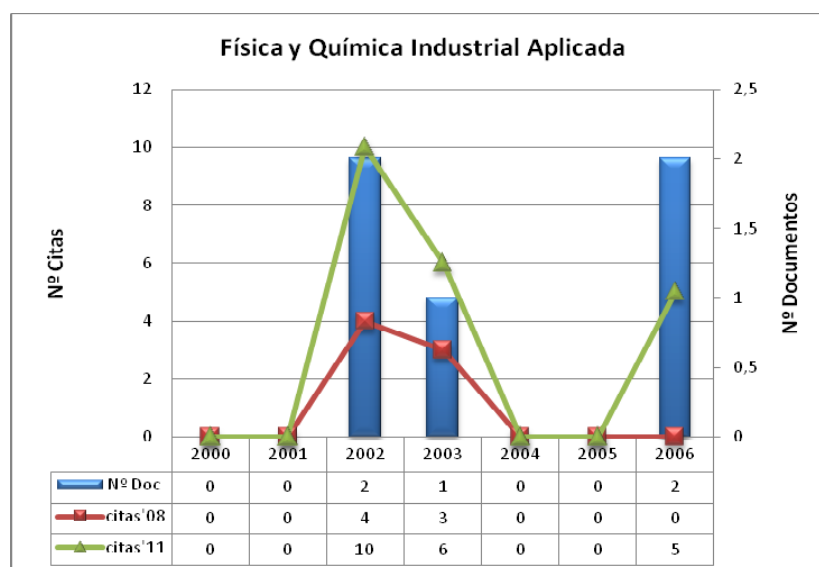
#### 4.7.14.5.3 Departamento de Física y Química Industrial Aplicada

El Departamento de *Física y Química Industrial Aplicada a la Aeronáutica* está formado por docentes y/o investigadores adscritos a las áreas de conocimiento de Ingeniería Química y Física Aplicada. El Departamento está adscrito a la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica.

Los docentes y/o investigadores adscritos al área de IQ de este departamento, tienen una producción de 5 documentos durante el periodo de estudio, suponiendo el 6,49% de la producción total de la IQ de la Politécnica de Madrid.

La figura. 4.129 muestra la distribución anual de la productividad de estos investigadores. Se puede observar que, de los siete años que comprende el periodo de tiempo estudiado, únicamente se hallan documentos publicados para los años 2002-2003 y 2006. El promedio de documentos por año es de 0,71.

El número de citas recibidas es de 9, siendo la media de citas por documento de 1,80 y un índice-h de 2.



**Figura 4.129. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. Física y Química Industrial Aplicada**

La figura 4.129 muestra, además, la evolución anual del número de citas recibidas registradas. Hasta 2007 asciende a un total de 9 citas, siendo la media de citas por documento de 1,80 y el índice-h de 2. Las citas recibidas hasta 2010 suman

un total de 21, con una media de 4,20 de citas por documento y un índice-h de 4. El incremento de citas supone el 155,56%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con los publicados en el año 2002

El 100% de los documentos son artículos científicos y, todos ellos, publicados en inglés.

Los i<sub>q</sub> de este departamento utilizan, para la publicación de documentos, 4 revistas científicas y clasificadas en 6 categorías temáticas. La revista que recoge mayor número de documentos es *Thermochimica Acta* que, en el periodo de estudio publica dos documentos de estos investigadores. En relación las categorías temáticas 3 son las más recurrentes, *Chemistry Analytical*, *Chemistry Physical* y *Polymer Science* (2 docs., cada una).

La media de autores firmantes en los distintos documentos (I<sub>c</sub>) es 4 y la tasa de coautoría es del 100%.

En los documentos recuperados en las bases de datos de WoS para estos investigadores, para el periodo estudiado, no se hallan colaboraciones con otras instituciones nacionales ni internacionales, únicamente mantienen colaboración otras áreas pertenecientes a la propia universidad en cinco ocasiones.

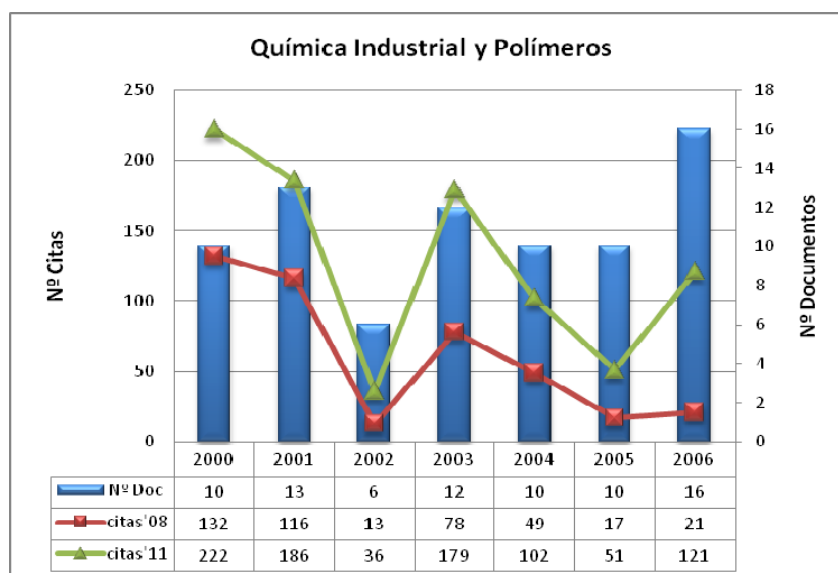
#### 4.7.14.5.4 Departamento de Química Industrial y Polímeros

El *Departamento de Química Industrial y Polímeros* de la Universidad Politécnica de Madrid está formado por docentes y/o investigadores adscritos a cuatro áreas de conocimiento, Ingeniería Química, Química Analítica, Química Física y Química Orgánica y tiene su sede en la Escuela Universitaria de Ingenierías Técnica Industrial.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de este departamento de la Politécnica de Madrid durante el periodo de estudio asciende a 7 documentos lo que supone el 9,10% de la producción correspondiente a la producción de la IQ de la Universidad, siendo el promedio de documentos por año de 1.

La figura siguiente (fig. 4.130) muestra la evolución de la producción de los i<sub>q</sub> de este departamento. Presenta un bajo rendimiento a lo largo de los años y dos de

ellos (2000 y 2004) sin productividad recogida por las bases de datos WoS, tiene el máximo en los años 2001 y 2005 con dos documentos.



**Figura 4.130. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. Química Industrial y Polímeros**

La figura. 4.130 muestra, además, la evolución anual del número de citas recibidas registradas que, hasta 2007, fue de 25, siendo la media de citas por documento de 3,57 y el índice-h de 3. Los 7 documentos están publicados en inglés y todos ellos son artículos científicos. Las citas recibidas hasta 2010 suman un total de 45, con una media de 6,43 de citas por documentos e índice-h de 5. El incremento de citas supone el 112%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con los publicados en el año 2000.

Los 7 trabajos hallados de de los iq de este departamento, para el periodo 2000-2006, están publicados en 7 revistas científicas distintas: *Chemistry of Materials*, *J. of Alloys and Compounds*, *J. of Applied Electrochemistry*, *J. of Cleaner Production*, *Physica Scripta*, *Polymer* y *Synthetic Metals*. Los 7 títulos están clasificados en 9 categorías temáticas. De ellas, las que recogen mayor producción son *Materials Science Multidisciplinary* (3 docs.) y *Chemistry Physical* y *Polymer Science*, con dos documentos cada una.

La media de autores firmantes de los distintos documentos (lc) es 4,14 y la tasa de coautoría es del 100%.

Todos los documentos están elaborados en colaboración, hallándose 6 con distintas instituciones nacionales, una colaboración internacional y 3 colaboraciones intrauniversitarias. De las 6 colaboraciones mantenidas con otras instituciones, son con la Universidad Complutense y 1 con el CSIC. La colaboración internacional está realizada con Alemania.

#### 4.7.14.6 Universidad Rey Juan Carlos

La Universidad Rey Juan Carlos se crea en 1996 y en 1998 son aprobados los planes de estudio de Ingeniero Químico e Ingeniero Técnico Industrial (Química Industrial).

El *Departamento de Tecnología Química y Ambiental*<sup>329</sup> de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid se compone de personal adscrito a las áreas de conocimiento de Expresión Gráfica de la Ingeniería, Ingeniería Química, Química Física, Química Orgánica y Tecnología del Medio Ambiente. El grupo de *Ingeniería Química* de la URJC está encargado de la docencia en diferentes titulaciones del ámbito de la Tecnología Química, Ambiental y Energética y tenía sede en la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.

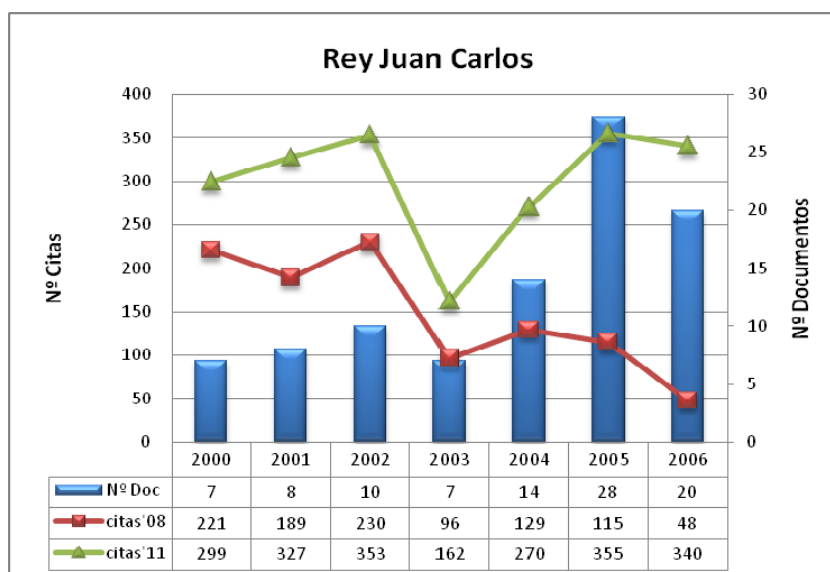
Desde septiembre de 2009, los miembros del área de IQ comparten los departamentos de Tecnología Química y Ambiental y Tecnología Química y Energética.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, durante el periodo de estudio, asciende a 94 con una producción media de  $13,43 \pm 6,2$  documentos por año.

La figura siguiente (fig. 4.131) muestra la evolución anual tanto de la producción del área de IQ de esta universidad como de las citas recibidas. Se observa un crecimiento positivo, aunque pequeño, durante los tres primeros años (entre 2 y 4 documentos). En 2003 desciende la producción a los mismos valores que en el primer año de estudio (2 docs.) y a partir de este año crece, aunque en poca medida, exceptuando el pequeño descenso en 2006.

---

<sup>329</sup> Universidad Rey Juan Carlos. Departamento de Tecnología Química y Ambiental. [En línea]. Disponible en: <http://www.dtqe.escet.urjc.es/> [consulta: marzo 2012]



**Figura 4.131. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Rey Juan Carlos**

Hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio obtiene 1028 citas, con una media de cita por documento de 10,94 y un índice-h de 17. Las obtenidas hasta 2010 son 2106, (22,40 citas/documentos; índice-h=26) lo que supone un incremento de 104,86%. Los documentos que recogen más citas, se corresponden con el año 2002 en el primer caso, y los correspondientes a 2005 en el segundo.

Los investigadores iq de la Universidad Rey Juan Carlos utilizan una única vez el tipo review (1,72% de la producción), siendo el artículo científico el medio más utilizado para recoger su producción científica con un 98,28%. El idioma utilizado en todos los documentos es el inglés.

Los 94 documentos están muy repartidos en 38 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 22 categorías temáticas.

La revista con mayor producción, publica el 10,64% (10 docs.) del total de los documentos, siendo necesarios tres títulos más para alcanzar el 27,66% de la producción. El 50% están publicados en 7 títulos y el 75,53% en 16. Para recoger el 24,47% restante se necesitan 22 títulos más. El 22,34% de la producción están recogidas en revistas que publican un solo documento (21 rev.) durante el periodo estudiado.

El mayor número de documentos los recoge la revista *Applied Catalysis B-Environmental* que publica el 10,64% de la producción (10 docs.). Las revistas *Industrial & Engineering Chemistry Research* y *Microporous and Mesoporous Material* recogen, cada una, el 8,51% de la producción (8 docs), y *Applied Catalysis A-General* y *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* el 6,38% cada una (6 docs.). Estas cinco publicaciones recogen el 40,43% del total de la producción de estos investigadores.

Las cinco *categorías temáticas* que muestran la figura 4.132, encuadran las revistas que publican mayor producción (68,48%). Así el 31,18% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática *Chemistry, Physical* (29 docs.) y el 15,59% por la categoría *Chemical Engineering* (29 docs.); *Engineering, Environmental* el 7,53% (14 docs.) y *Chemistry Applied* y *Materials Science Multidisciplinary* el 6,99% (13 docs.).

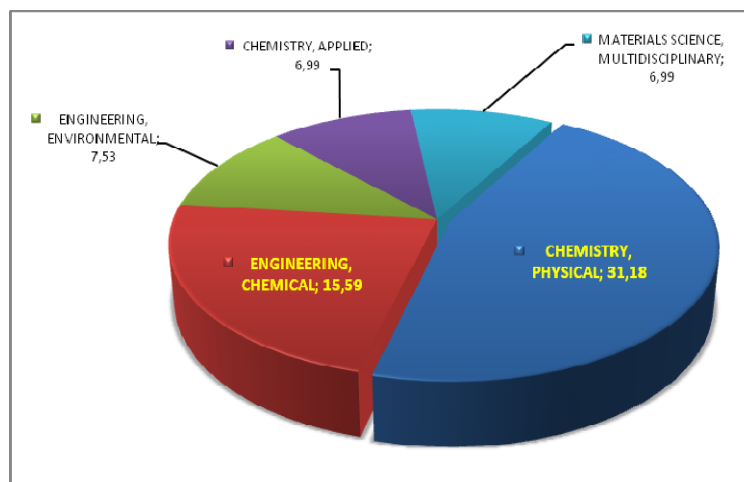


Figura 4.132. Categorías temáticas de la Universidad Rey Juan Carlos

La media de autores que firman los documentos (lc) está en 4,39 con una tasa de coautoría del 100%.

De los 94 los documentos estudiados de los iq de la Universidad de Rey Juan Carlos, el 47,87% (45) están escritos en colaboración. Se encuentran 19 colaboraciones con instituciones internacionales, 40 colaboraciones nacionales y ninguna colaboración intrauniversitaria.

A nivel internacional mantienen colaboración con 6 países distintos. Así se hallan 5 con Italia, 4 con Reino Unido y USA, 3 con Alemania, 2 con Hungría y una con Francia.

En los registros con colaboración nacional (40) se encuentran 32 colaboraciones con otras universidades y 8 con otros centros no universitarios: 4 con empresas y otros 4 con centros de investigación, 3 de ellos con el CSIC. Con la universidad que mantiene mayor colaboración es con la Complutense de Madrid con 21 (19 de ellos con el área de IQ), seguida de la Universidad de Castilla-La Mancha con quien mantiene colaboración en 7 ocasiones siendo 3 de ellas con el área de IQ. Con las universidades de Salamanca colabora en 2 ocasiones y con Alcalá y Autónoma de Madrid en una ocasión (con Autónoma de Madrid con el área de IQ).

#### 4.7.15 Murcia

En la CCAA de Murcia existen tres universidades y dos de ellas son públicas. Las dos universidades de titularidad pública tienen en su estructura departamentos con el área de Ingeniería Química. Los nombres de las Universidades junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla siguiente (tabla 4.48):

**Tabla 4.48. Producción científica de las universidades de Murcia**

Universidad	Nº Documentos / Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/do	h-ind	Cit'11	Cit/do	h-ind	Ing	Esp	Otr
Murcia	7	3	11	8	10	9	10	58	58	0	278	4,79	9	680	11,72	15	54	3	1
Politécnica de Cartagena	1	8	4	3	4	6	4	30	30	0	122	4,07	6	312	10,40	11	30	0	0

La figura siguiente (fig. 4.133) muestra tanto el número de documentos producidos por los iq de estas universidades, en el periodo de tiempo estudiado, como las citas recibidas por los mismos. Se observa que, tanto en número de documentos como en número de citas, los iq de la Universidad de Murcia duplican los datos en relación a la Politécnica de Cartagena.

A nivel nacional ocupan, en producción, las posiciones 29 y 37, respectivamente; en relación al número de citas las posiciones 28 y 42; en número de citas por documentos la Universidad de Murcia se mantiene, en la segunda toma de datos, a la posición 28, mejorando la Politécnica de Cartagena que ocupa, en este caso, la posición número 37.

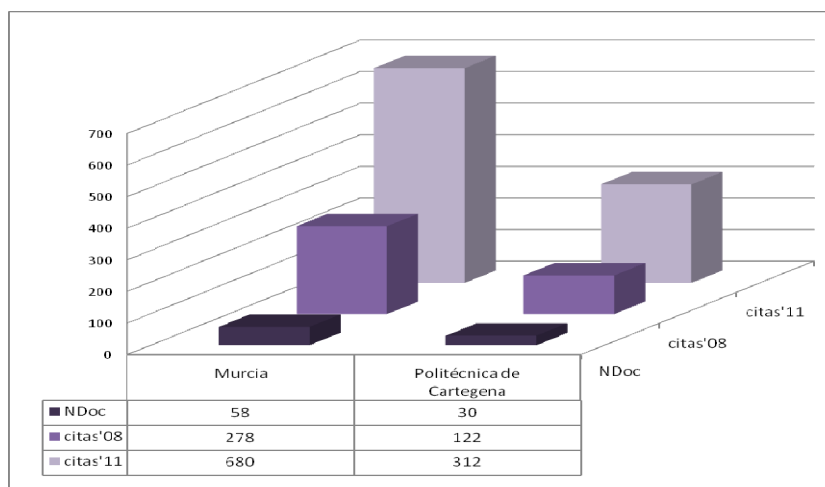


Figura 4.133. Producción científica de las universidades de Murcia

#### 4.7.15.1 Universidad de Murcia

El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>330</sup> de la Universidad de Murcia se compone de personal adscrito al área de conocimiento de Ingeniería Química, con sede en la Facultad de Química, donde imparte la titulación de Ingeniero Químico, y tiene docencia además en la Facultad de Veterinaria y la Facultad de Biología.

El número de documentos publicados por los iq de la Universidad de Murcia, asciende a 58, con una producción media de  $8,29 \pm 1,96$  documentos por año.

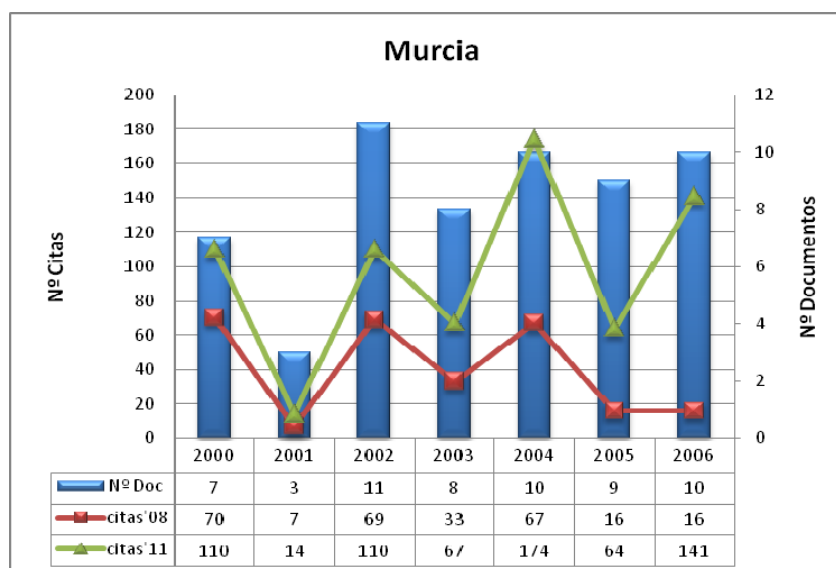
La figura siguiente (fig.4.134) muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, donde se puede apreciar la tendencia positiva y una producción irregular durante el periodo de estudio. El mínimo y máximo de documentos corresponden a los años 2001 y 2002 con 3 y 11 documentos respectivamente.

Del mismo modo, refleja la evolución anual de las citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 278, siendo la media de citas por documento de 4,79 y un índice-h de 9. Hasta 2010, el número de citas recibidas asciende a 680, siendo la media de citas por documento de 11,72 y un índice-h de 15. El incremento en número de citas fue de 144,60%. Los años que

<sup>330</sup> Universidad de Murcia. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.um.es/dp-ingenieria-quimica/index.php> [consulta: marzo 2012].



publican los documentos más citados se corresponden con 2004 para las citas recogidas en 2011 y 2000 para las recogidas en 2008



**Figura 4.134. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Murcia**

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos, es el inglés alcanzado el 93,10%, existiendo cuatro documentos los cuales están redactados tres en español y uno en francés (recogidos por la revista española *Afinidad*).

Los 58 trabajos hallados de los i+q de este departamento están publicados en 33 revistas científicas distintas y en 23 categorías temáticas.

La producción de estos investigadores es muy dispersa, así el 24,14% del total de documentos están publicados en tres títulos y en 19 el 75,86%, necesitándose catorce títulos más para alcanzar el 24,14% restante. El 36,21% de la producción están recogidas en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado (21 revistas).

El mayor número de documentos los recoge la revista *Desalination* que publica el 12,07% de la producción (7 docs.). La segunda publicación más utilizada es la española *Afinidad* que recoge el 6,90% de la producción (4 docs.). El tercer puesto lo comparten con un 5,17% y 3 documentos cada una, las revistas *AIHA Journal*, *Chemosphere*, *Energy Sources*, *Enzyme and Microbial Technology*, *Journal of*

*Chemical Technology and Biotechnology* y *Water Research*. Juntas publican el 50% de la productividad.

Las seis categorías temáticas que se muestran en la figura 4.135 aglutinan las revistas científicas con mayor producción (70,27%). El 20,72% de los documentos están recogidos por revistas clasificadas en *Chemical Engineering* (23 docs.), *Environmental Sciences* el 14,51%, el 10,81% en *Water Resources*, el 9% en *Engineering Environmental* y el 8,11% y 7,21%, en las categorías *Biotechnology & Applied Microbiology* y *Chemistry Multidisciplinary*, respectivamente.

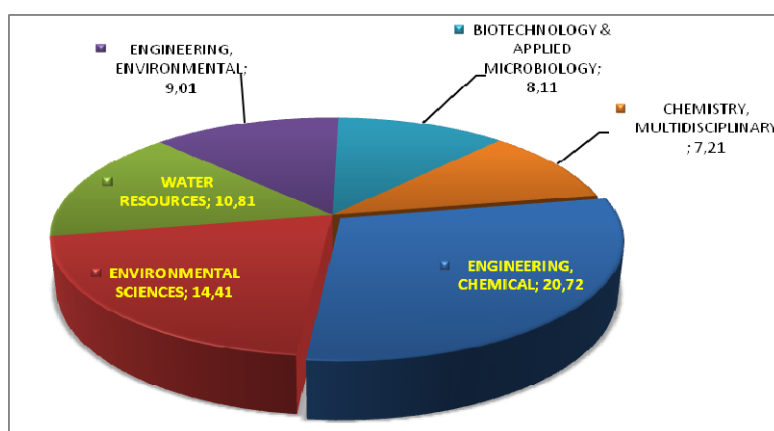


Figura 4.135. Categorías temáticas de la Universidad de Murcia

La media de autores que firman los documentos (Ic) está en 4,67 con una tasa de coautoría del 93,10%.

El 44% de la producción de está en colaboración con otras instituciones o áreas distintas a la suya. Así de los 58 registros hallados 26 están colaborados, encontrándose 18 colaboraciones nacionales, 11 internacionales y 6 colaboraciones con investigadores de otras unidades de su propia universidad.

En los documentos con colaboración nacional (18) se encuentran 9 colaboraciones con 3 universidades distintas y 9 con otros centros no universitarios. Dentro de estos últimos encontramos con 2 colaboraciones con el CSIC y una con otros centros de investigación, 2 con empresas y 4 con servicios y/o entidades autonómicas.

Con la Politécnica de Cartagena colabora en 7 ocasiones siendo 2 de ellas con investigadores del área de IQ de esa universidad. Con las universidades de Barcelona y Politécnica de Madrid colabora en una ocasión con cada una de ellas.

Dentro de las 11 colaboraciones internacionales, estos investigadores mantienen colaboración con 8 países distintos. Con el país que más colabora es con Francia (4 colab.). Con Bélgica, Dinamarca, Reino Unido, Alemania, Italia, Polonia y Portugal mantiene una colaboración con cada uno de estos ellos.

#### 4.7.15.2 Universidad Politécnica de Cartagena

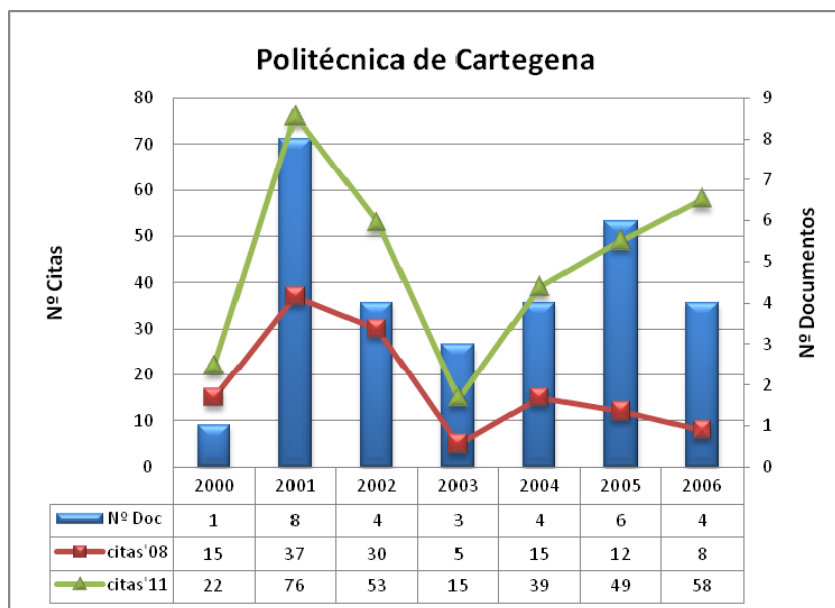
El *Departamento de Ingeniería Química y Ambiental*<sup>331</sup> de la Universidad Politécnica de Cartagena se compone de personal adscrito a tres Áreas de Conocimiento, Ecología, Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industriales, imparte docencia además en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica y Civil y en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval. No imparte la titulación de Ingeniero Químico.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Politécnica de Cartagena, durante el periodo de estudio, asciende a 30 documentos con una producción media de  $4,29 \pm 1,55$  documentos por año.

La figura siguiente (fig. 4.136) muestra la evolución de la productividad de los iq así como la evolución anual de las citas recibidas del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Politécnica de Cartagena. Se observa la producción mínima, con un documento, en el primer año estudiado (2000) y el máximo corresponde al año 2001 con una producción de ocho documentos. A partir de este año, aunque con poca producción, ésta se estabiliza. En general, la tendencia es positiva a lo largo de periodo estudiando.

---

<sup>331</sup> Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. [En línea]. Disponible en: <http://www.upct.es/~dqa/> [consulta: marzo 2012]



**Figura 4.136. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Cartagena**

Del mismo modo, a figura anterior (fig. 4.136), refleja la evolución anual de la citas obtenidas por estos documentos. Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 122, siendo la media de citas por documento de 4,07 y un índice-h de 6. Hasta 2010, el número de citas recibidas asciende a 312, siendo la media de citas por documento de 10,40 y el índice-h 11. El incremento en número de citas fue del 155,74%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2002 para las citas recogidas en 2011 y en 2008.

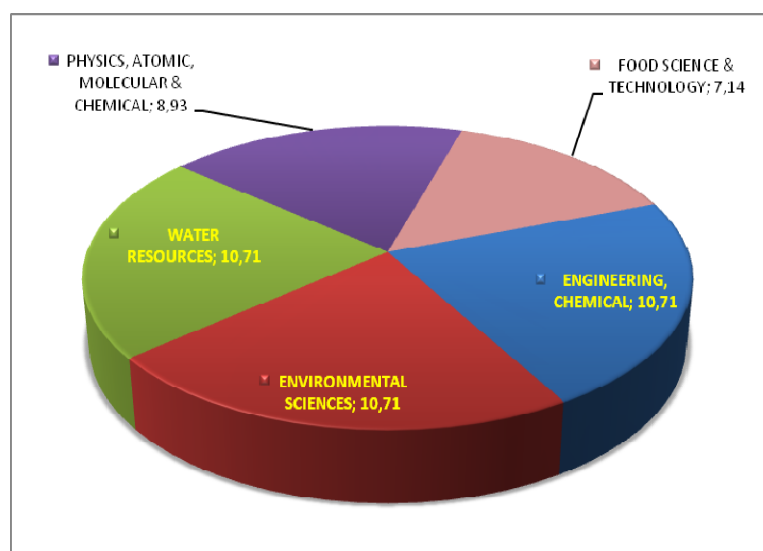
Todos los documentos recuperados son artículos científicos y en todos se utiliza el idioma inglés en la redacción de los mismos.

Los 30 trabajos hallados de los ingenieros químicos de este departamento, para el periodo 2000-2006, están publicados en 20 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 21 categorías temáticas.

Las dos revistas con mayor producción recogen el 23,33% del total de documentos generados por estos investigadores. El 56,67% de la producción está publicada en 7 títulos. El resto (43,33%) está en revistas con un solo documento de éstos investigadores, durante el periodo de tiempo analizado (13 revistas).

El mayor número de documentos los recoge la revista *Desalination* que publica el 13,33% de la producción (4 docs.). La segunda es la revista de edición nacional *Revista de Metalurgia* con el 10% (3 docs.). El tercer puesto lo comparten con un 6,67% y 2 documentos cada una, las revistas *Chemical Physics Letters*, *Journal of Chemical Physics*, *Journal of Chromatography A*, *Minerals Engineering* y *Water Air and Soil Pollution*. Todas ellas recogen el 50% de la producción.

La figura 4.137 muestra las *categorías temáticas* en las que están encuadradas las revistas científicas que publican el mayor número de documentos producidos por estos investigadores. Así, el 32,14% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en tres categorías temáticas, *Chemical Engineering*, *Environmental Sciences* y *Water Resource*, cada una recoge el 10,71% de la producción. *Physics, Atomic Molecular & Chemical* y *Food Science & Technology* recogen, respectivamente, el 18,93% y 7,14%.



**Figura 4.137. Categorías temáticas de la Universidad Politécnica de Cartagena**

El número medio de firmas por documento está en 4,63 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 100%.

El 66,67% de los documentos (20 de 30) generados por estos investigadores en el periodo estudiado, hallados en las bases de datos de *WoS*, están elaborados en colaboración con otras instituciones. Dentro del número de documentos en

colaboración, se hallan 22 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 2 colaboraciones internacionales y 3 colaboraciones intrauniversitarias.

A nivel internacional estos investigadores mantienen colaboración, en una ocasión, con Francia y los Estados Unidos.

Las colaboraciones nacionales (22) están repartidas entre las 14 colaboraciones con otras universidades y 8 con instituciones no universitarias, éstas últimas están repartidas entre 3 con distintas unidades o servicios gubernamentales, 2 con el CSIC y con empresas y una colaboración con un hospital. Con la universidad que más colabora es con la de Murcia con 9 colaboraciones (2 de ellas con el área de IQ). Con dos colaboraciones están las universidades Autónoma de Madrid y la de Barcelona y con la Universidad de Sevilla en una ocasión (ninguna de ellas con el área de IQ).

#### 4.7.16 Navarra

En la Comunidad Foral de Navarra existen dos Universidades, una es la Universidad Pública de Navarra, que contiene al *Área de Ingeniería Química* que, junto a las áreas de Química Orgánica, Inorgánica, Analítica, Química Física y Tecnologías del Medio Ambiente, forman el *Departamento de Química Aplicada*<sup>332</sup>. Con sede en el Campus Arrosadía (Pamplona) y docencia en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.

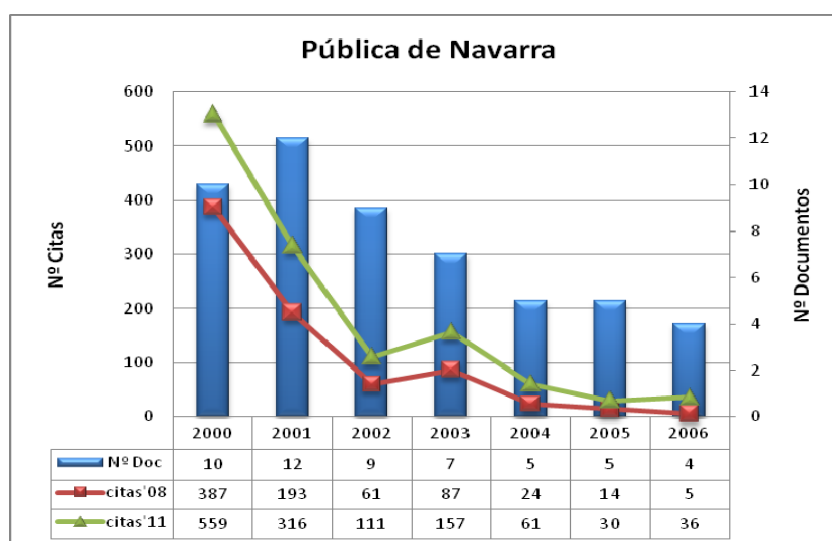
El número de documentos publicados, por el área de ingeniería química, es de 52, con una producción media de  $7,43 \pm 2,49$  documentos por año. El número de citas recibidas, hasta 2007, asciende a 771, siendo la media de citas por documento de 14,83 y el índice-h de 17. Hasta 2010, el número de citas recibidas asciende a 1270, siendo la media de citas por documento de 24,42 y el índice-h 19. El incremento en número de citas fue del 64,72%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con el 2000.

---

<sup>332</sup> Universidad de Navarra. Departamento de Química Aplicada. [En línea]. Disponible en: <http://www1.unavarra.es/dep-quimicaaplicada/> [consulta: marzo 2012].

La figura 4.138 muestra la distribución del número de documentos por año y la correspondiente a las citas obtenidas.

La tendencia de la producción es negativa. La mayor producción corresponde a 2001 con 12 documentos. A lo largo del resto de los años estudiados desciende paulatinamente el número de documento por año hasta llegar al mínimo de 4 documentos en 2006.



**Figura 4.138. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Pública de Navarra**

El artículo científico es el tipo de documento más utilizado alcanzando el 96% del total. Durante el periodo estudiado se recogen dos reviews. El inglés es el idioma predominante en la redacción de los documentos utilizando el idioma español en dos documentos.

Veintinueve títulos distintos conforman el abanico de revistas científicas utilizadas por los iq navarros para publicar sus trabajos, estando los 52 documentos muy dispersos a lo largo de estos títulos. El 25% de la producción está publicada en tres títulos, el 50% en ocho revistas distintas, el 75% en dieciséis y trece en el 25% restante.

Como se ha mencionado en el párrafo anterior, los documentos están muy repartidos siendo *Journal of Polymer Science Part A-Polymer Chemistry* la revista que mayor número de documentos recoge (5). *Applied Catalysis A-General* y

*Macromolecules* publican cuatro documentos cada una de ellas. Con tres documentos en su haber, están los títulos *Applied Catalysis B-Environmental*, *Catalysis Today* y *Macromolecular Theory and Simulations*. Todas juntas agrupan el 42,31% de la producción.

El número de categorías temáticas (fig. 4.139) en las que están clasificados estos títulos es de catorce. El 44,23% de los documentos (23) están publicados en revistas de la categoría temática *Physical Chemistry*, el 34,62% en *Chemical Engineering* (18 docs.) y el 30,77% lo están en *Polymer Science* (16 docs.).

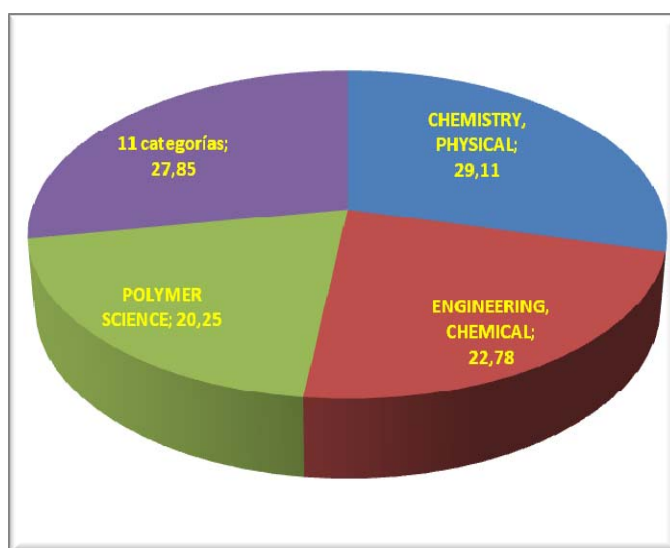


Figura 4.139. Categorías temáticas de la Universidad Pública de Navarra

El número medio de autores que firman los documentos ( $l_c$ ) es de 4,48, y la tasa de coautoría del 100%.

En cuanto a la colaboración de los  $i_q$  de la Universidad de Navarra, cabe destacar el algo grado de colaboración<sup>333</sup> que tienen estos investigadores en el periodo estudiado. Así, el 86,54% de los documentos están elaborados en colaboración. Dentro del grupo de documentos en colaboración (45), se hallan 43 colaboraciones con distintas instituciones nacionales y 26 colaboraciones internacionales, no encontrándose ninguna colaboración intrauniversitaria.

<sup>333</sup> Del conjunto de documentos hallados para estos investigadores, únicamente 7 documentos no están elaborados en colaboración con otra institución.



A nivel internacional estos investigadores mantienen colaboración con 9 países distintos, destacando las 13 colaboraciones con Francia. Con Brasil colabora en 5 ocasiones y con Rusia en 2. Con Alemania, Bélgica, Canadá, India, Países Bajos y Venezuela colabora solamente en una ocasión.

Las colaboraciones nacionales (43) están repartidas entre las 42 con otras universidades y 1 con el CSIC. Con la universidad que más colabora es con la del País Vasco con 23 colaboraciones, siendo 20 de éstas con el área de IQ del Dpto. de Química Aplicada, seguida por la de Salamanca con quien tiene 18 colaboraciones. Con la Universidad de Sevilla colabora en una ocasión.

#### 4.7.17 País Vasco

En la CCAA vasca existen tres universidades, una de ellas pública. La Universidad del País Vasco tiene en su estructura tres departamentos con área de Ingeniería Química. Los nombres que tenían los tres Departamentos junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla siguiente (tabla 4.49).

**Tabla 4.49. Producción científica de las universidades del País Vasco**

Universidad del País Vasco	Nº Documentos / Años							Tipo	Doc	Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas			
Departamento	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Otr
Total País Vasco	48	65	56	58	69	79	57	432	432	0	2989	6,92	23	5408	12,52	36	425	7	0
Ingeniería Química	21	22	28	24	27	34	22	178	178	0	1094	6,15	19	2201	12,37	25	175	3	0
Ingeniería Química y Medio Amb	19	16	15	23	24	24	21	142	142	0	892	6,28	15	1852	13,04	22	138	4	0
Química Aplicada	13	29	16	13	20	23	14	128	125	3	1111	8,68	16	2138	16,70	23	127	1	0

El número de documentos publicados por los investigadores de las áreas de Ingeniería Química de los tres departamentos de la Universidad del País Vasco, en conjunto, durante el periodo de estudio asciende a 432 documentos, con una producción media de  $61,57 \pm 7,80$  documentos por año. El número de citas recibidas, hasta 2007, asciende a 2989, siendo la media de citas por documento de 6,92 y un índice-h de 23, ocupando como Universidad el primer puesto. En cuanto a número de documentos ocupa el segundo puesto. En la segunda toma de datos (hasta 2010) las citas obtenidas fueron 5408 siendo la media de citas por documento de 12,52 y un índice-h de 36.

La figura 4.140 muestra tanto el número de documentos producidos por los iq de éstos departamentos, en el periodo estudiado, como las citas recibidas por los mismos.

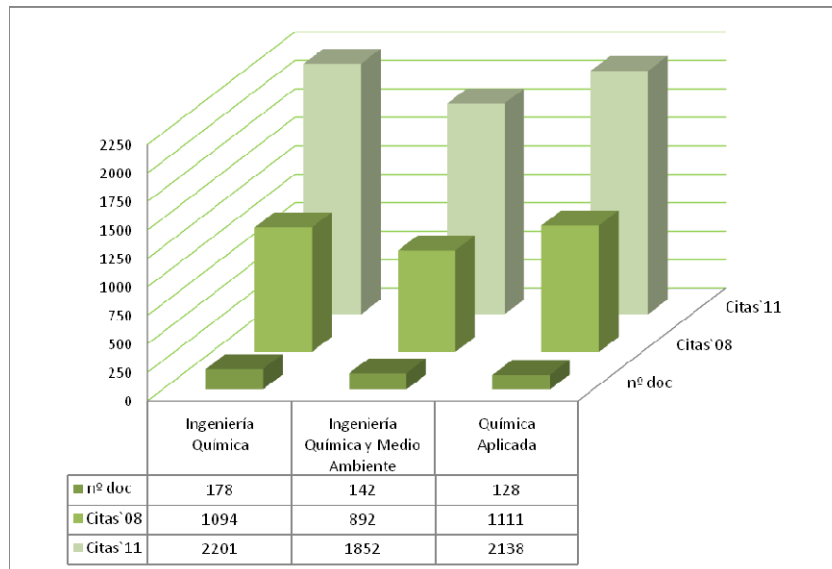


Figura 4.140. Producción científica de las universidades del País Vasco

A continuación se detallan los resultados por Departamento.

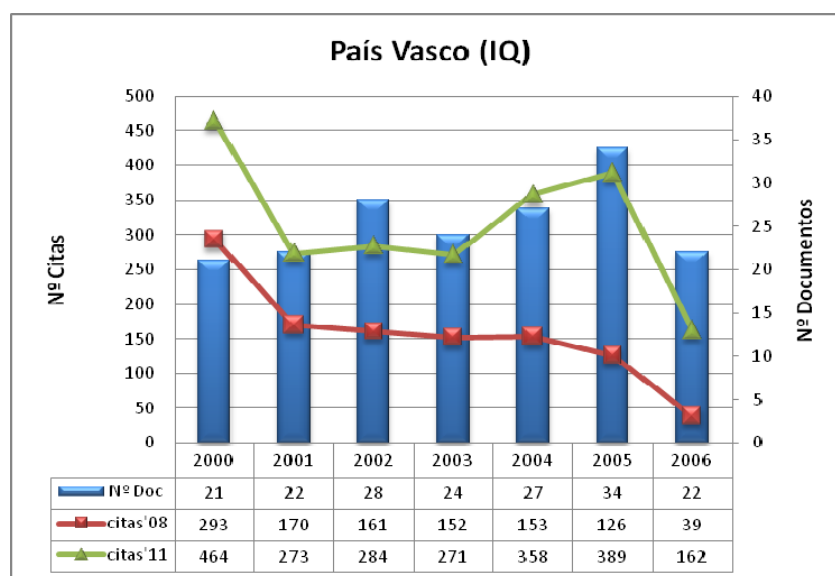
#### 4.7.17.1 Departamento de Ingeniería Química

El *Departamento de Ingeniería Química* está integrado por profesores del área de Ingeniería Química que realizan sus labores docentes y de investigación en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU (Campus de Vizcaya), y en la Facultad de Farmacia (Campus de Álava)<sup>334</sup>.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la este departamento, durante el periodo de estudio, asciende a 178 documentos con una producción media de 25,43 documentos por año y una desviación media de 3,63 documentos año.

<sup>334</sup> Universidad del País Vasco. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.um.es/dp-ingenieria-quimica/index.php> [consulta: marzo, 2012].

La figura 4.141 muestra la evolución de la producción de los i q así como la de las citas recibidas, a lo largo de periodo de tiempo estudiando. Se observa un crecimiento positivo durante los tres primeros años, pasado de una producción de 17 documentos en el año 2000 a 26 en el año 2002. En la mitad del periodo (año 2003) decae con respecto a los dos años anteriores, sube en 2004 y vuelve a caer en 2006 con una producción similar a la de los dos primeros años analizados.



**Figura 4.141. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. de Ingeniería Química**

Hasta 2007, el número de citas recibidas asciende a 1094, siendo la media de citas por documento de 6,15 y el índice-h de 19. Hasta 2010 el número de citas recibidas asciende a 583, siendo la media de citas por documento de 12,67 y el índice-h 13. El incremento en número de citas fue del 101,19%. Los años que publican los documentos más citados se corresponden con 2000 para las citas recogidas en ambas tomas de datos.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado a la hora de redactar los trabajos es el inglés alcanzado el 98,31% (175 docs.). El idioma español es utilizado en 3 artículos publicados en las revistas *Afinidad* (2 docs.) y *Revista de Metalurgia* (1 doc.).

El conjunto de documentos está publicado en 59 revistas distintas, clasificadas éstas en 21 categorías temáticas. Dos títulos recogen el 24,16% del total de documentos siendo necesarias 8 revistas para publicar el 50% del total de la

producción y 24 para el 75,28%. Para llegar al 24,72% restante se necesitan 35 títulos más. El 14,61% de la producción están recogidas en revistas que publican un documento durante el periodo estudiado (26 revista).

Cuatro títulos recogen el 35,96% de la producción de los iq de este departamento. El mayor número de documentos se encuentran en *Industrial & Engineering Chemistry Research*, que publica el 15,73% de la producción (28 doc). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Chemical and Engineering Data* con el 8,43% de la producción (15 docs). *Catalysis Today* publica el 6,18% (11 docs.) y *Applied Catalysis B-Environmental* el 5,62% (10 docs.) del total.

El 38,41% de los documentos están recogidos por revistas encuadradas en la categoría temática *Chemical Engineering* (121 docs); en *Chemistry Physical* el 17,14% (54 docs.); el 11,11% en *Chemistry Multidisciplinary* (35 docs.); el 6%% en *Chemistry Applied* (19 docs.) y, en *Engineering Environmental*, el 4,44% (14 docs.).

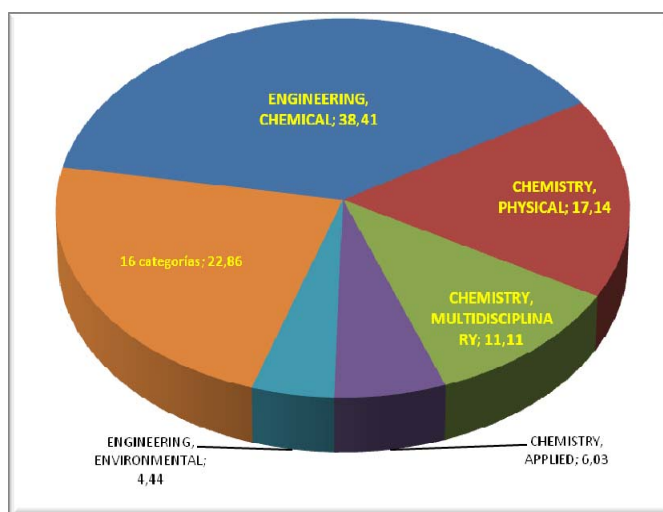


Figura 4.142. Categorías temáticas del Dpto. de Ingeniería Química

La media de autores que firman los documentos (lc) está en 4,47 con una tasa de coautoría del 100%.

Únicamente el 28,10% de los documentos están elaborados en colaboración. Dentro de éstos (50), se hallan 29 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 20 colaboraciones internacionales y 5 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

Las colaboraciones nacionales (29) están repartidas entre las 20 con otras universidades y las 9 con otras instituciones no universitarias (6 con el CSIC; 3 con otros centros de investigación).

Los iq del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad del País Vasco colaboran, a nivel nacional, con 7 universidades. Con la Universidad Rovira y Virgili colabora en 11 ocasiones, todas ellas con el área de IQ de esta Universidad. Otras universidades con las que tiene documentos en común son las de Vigo, con 3 colaboraciones, dos de ellos con el área de IQ; la de Oviedo, 2 colaboraciones y ambas con el área de IQ; las universidades Autónoma de Barcelona y Zaragoza, con un documento en colaboración y con el área de IQ; también colabora en una ocasión con Cádiz y Cantabria.

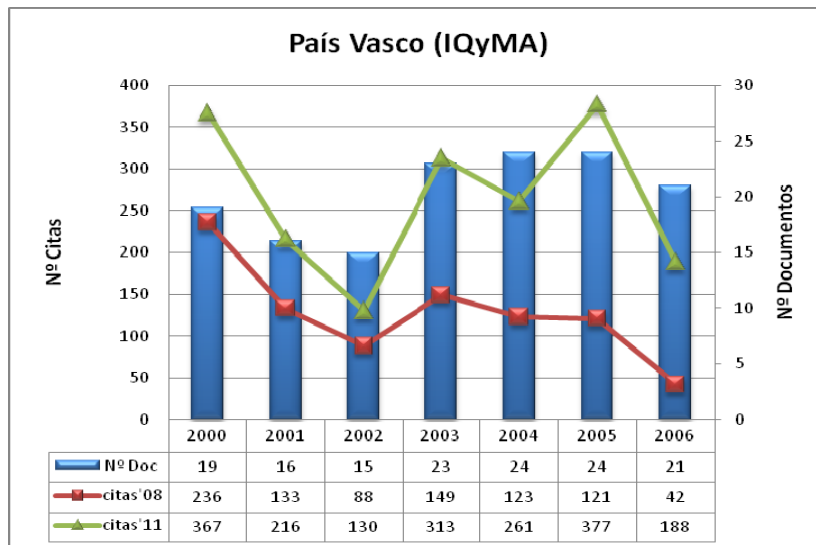
#### 4.7.17.2 Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente

El *Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente* de la Universidad del País Vasco se compone de personal adscrito a dos Áreas de Conocimiento, Ingeniería Química y Medio Ambiente, y se compone de cinco Secciones Departamentales, distribuidas en siete Centros Educativos de los tres Campus:

1. Sección Departamental de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Bilbao.(Docencia en la E.S.I. de Bilbao)
2. Sección Departamental de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera de Barakaldo (Docencia en la E.U.I.T.M. de Barakaldo y en la E.T.S. de Náutica y Máquinas Navales)
3. Sección Departamental de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao. (Docencia en la E.U.I.T.I. de Bilbao).
4. Sección Departamental de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de San Sebastián. (Docencia en la E.U.I.T.I. de San Sebastián y en la E.U.I.T.I. de Eibar).
5. Sección Departamental de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial y Topografía de Vitoria. (Docencia en la E.U.I.T.I. y Topográfica de Vitoria).

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de de este departamento, durante el periodo de estudio, asciende a 142 con una producción media de 20,29 documentos por año y una desviación media de 3,10.

La figura 4.143 muestra la distribución del número de documentos a lo largo de periodo estudiado. Se observa como decrece la producción durante los tres primeros años, pasado de 19 documentos en el año 2000 a 15 en el año 2002. A partir de la mitad del periodo (año 2003), se observa una tendencia positiva hasta llegar a 2006 que la producción decae hasta llegar a valores parecidos al primer año de estudio.



**Figura 4.143. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. de IQ y Medio Ambiente**

Del mismo modo, la figura anterior (fig. 4.143) muestra la distribución de las citas recibidas. El conjunto de documentos de estudio obtiene, hasta 2007, un total de 892 citas, con una media de cita por documento de 6,28 y un índice-h de 15. Hasta 2010, el cómputo total de citas es de 1852 (incremento del 107,62%), siendo el promedio de cita por documento de 13,04 y el índice-h alcanzado de 22.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos. El idioma más utilizado es el inglés que alcanza el 97,18% (138 docs.). El idioma español es utilizado en cuatro artículos científicos publicados, todos ellos, en la revista *Afinidad*.

En relación a la publicación elegida, destaca la gran dispersión de los documentos en un total de 68 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 32 categorías temáticas.

Las dos revistas con mayor producción publican el 16,90% del total, siendo necesarias únicamente dos más para llegar al 26% de la producción. El 50,70% del

total de documentos están en 14 títulos y el 75,35% en 33, siendo necesarias 35 revistas más para alcanzar el 100% de la producción. El conjunto de revistas que publican únicamente un documento en el periodo estudiado lo forman 38 títulos suponiendo el 26,76% de la producción total.

El mayor número de documentos los recoge la revista *Journal of Applied Polymer Science* que publica el 9,15% de la producción (13 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Polymer* que recoge el 7,75% (11docs.), siguiéndole *Polymer Composites* con un 4,93% (7 docs.). El cuarto puesto lo comparten con un 4,23% y seis documentos cada una, las revistas *European Polymer Journal* y *Journal of Non-Crystalline Solids* y, en quinto lugar, la revista *Journal of Composite Materials* con el 3,52% (5 docs.) de la producción. Los seis títulos acumulan el 33,80% de la producción total.

El 41,55% de los documentos están publicados por revistas de la categoría *Polymer Science* (59 docs.); el 14,08% en *Chemical Engineering* y, el 13,38% en *Materials Science Composites* (19 docs.). En las categorías *Chemistry Physical* y *Environmental Science* están clasificados, en cada una de ellas, el 10,56% (15 docs.); el 8,45% en *Material Science Multidisciplinary* (12 docs.) y el 7,75% en la categoría *Chemistry Analytical* (11 docs.). (Fig. 4.144)

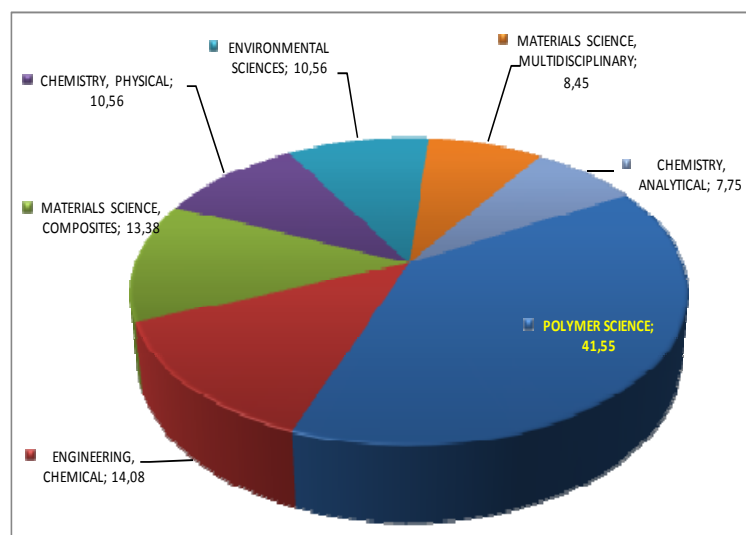


Figura 4.144. Categorías temáticas del Dpto. de IQ y Medio Ambiente

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) es de 4,92 y la tasa de coautoría del 100%.

El 64,79% de los documentos están en colaboración (92 docs.) con otras instituciones. Se hallan 36 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 47 colaboraciones internacionales y 23 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel nacional colaboran con investigadores de 7 universidades y con otras instituciones no universitarias 22. Con las universidades de Valencia y Rovira y Virgili colabora en 4 y 3 ocasiones, respectivamente; con la de Oviedo y Pública de Navarra, en dos ocasiones con cada una de ellas y con la Autónoma de Madrid, Valladolid y Politécnica de Madrid, en una ocasión con cada una de ellas. Las colaboraciones con las dos últimas universidades mencionadas se realizan con investigadores del área de IQ. 15 de las 22 colaboraciones con instituciones no universitarias son con centros de Investigación (CSIC, 9; otros, 6) y el resto (7 col.), con distintas empresas.

#### 4.7.17.3 Departamento de Química Aplicada

El *Departamento de Química Aplicada*<sup>335</sup> de la Universidad del País Vasco engloba profesores de las siguientes áreas de conocimiento: Bioquímica y Biología Molecular, *Ingeniería Química*, Microbiología, Petrología y Geoquímica, Química Analítica y Química Inorgánica. Sus actividades docentes y de investigación están centralizadas en la Facultad de Química de Donostia-San Sebastián.

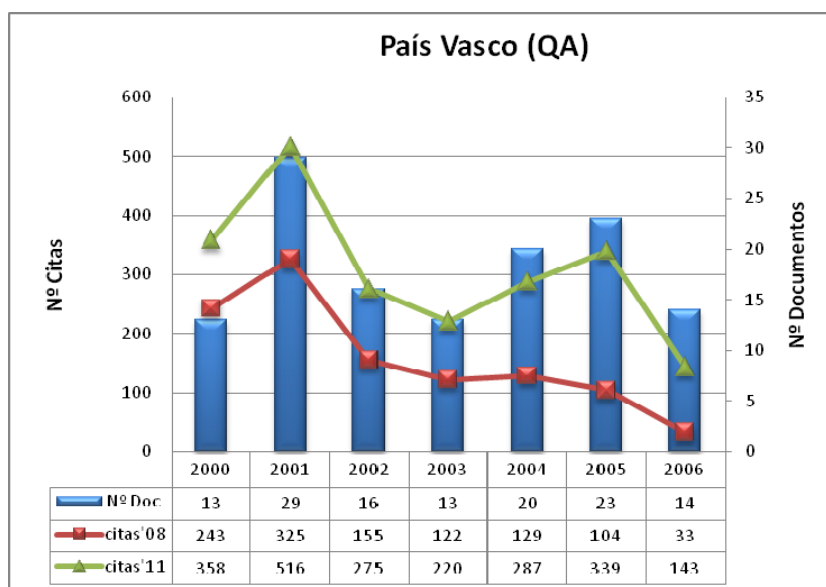
El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de este Departamento, durante el periodo de estudio, asciende a 128 documentos con una producción media de 18,29 documentos por año y una desviación media de 4,90 documento año.

La figura siguiente (fig. 4.145) muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, del mismo modo que la correspondiente a las citas obtenidas. Se observa cómo durante el segundo año la producción llega a duplicarse con respecto al año anterior, observándose a partir de este año una evolución muy irregular, con descenso en los dos años siguientes y posterior subida en la producción, llegando al año 2006 con valores parecidos al primer año de estudio.

---

<sup>335</sup> Universidad del País Vasco. Departamento de Química Aplicada. [En línea]. Disponible en: <http://www.quimicaaplicada.ehu.es/s0221-home1/esv> (consulta: marzo 2012).





**Figura 4.145. Producción científica y evolución de la citación del Dpto. de Química Aplicada**

Hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio (fig. 4.145) obtiene 1111 citas, con una media de cita por documento de 8,68 y un índice-h de 16. En la segunda toma de datos, las citas recibidas hasta 2010 ascienden a 2138 con una media de 16,70 citas por documento y un índice-h de 23. El incremento producido fue del 92,44%. El grupo de documentos más citados corresponden a los del 2001.

De los documentos obtenidos, el 97,66% son artículos científicos y el 2,34% son reviews (3 docs.). El idioma predominante es el inglés que alcanza el 99,22% del total y el 0,78% restante (1 artículo) está publicado en español en la revista *Afinidad*

Los 128 trabajos están publicados en un total de 43 revistas científicas distintas, las cuales están encuadradas en 27 categorías temáticas.

Dos revistas publican el 27,34% del total de documentos de estos investigadores. El 49,22% están publicados en 6 títulos y el 75% en 15. Para publicar el 25% restante, se necesitan 28 títulos más. El 18,75% de la producción está en revistas (24 títulos) que publican un sólo documento durante el periodo estudiado.

Existe una gran concentración de documentos en un pequeño grupo de títulos (casi la mitad de la producción está publicada en 6). El mayor número de documentos los recoge la revista *Journal of Polymer Science Part A-Polymer Chemistry* que publica

el 18,75% de la producción (24 docs.). La segunda publicación más utilizada por estos investigadores para publicar los resultados es *Macromolecules* que recoge el 8,59% de la producción (11 docs.), y la tercera publicación es *Industrial & Engineering Chemistry Research* con el 7,81% (10 docs.). El resto de títulos, hasta llegar al 49,22%, son el *Journal of Applied Polymer Science* (5,47%; 7 docs.), *Polymer* (4,69%; 6 docs.) y *Macromolecular Symposia* (3,91%; 5 docs.).

Según se observa en la figura 4.146, el 58,59% de los documentos están en por revistas clasificadas en la categoría *Polymer Science* (75 docs.) y el 25% en *Chemical Engineering*. La dos siguientes categorías son *Chemistry Physical*, con un 10,94% (14 docs.) y *Materials Science Multidisciplinary* con un 7,81% (20 docs.).

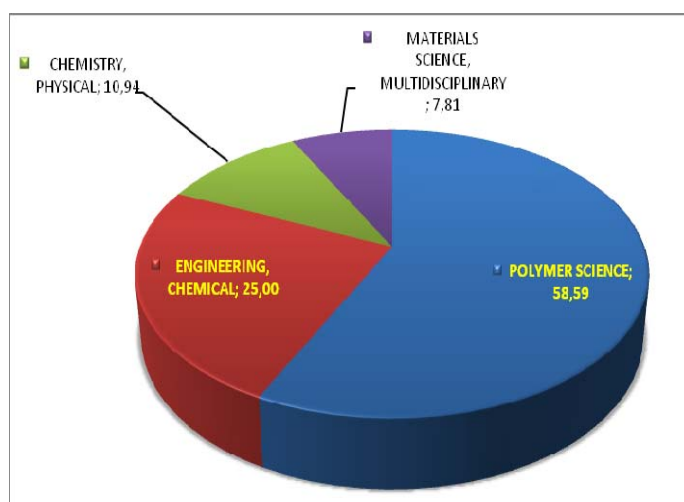


Figura 4.146. Categorías temáticas del Dpto. de Química Aplicada

La media de autores que firman los documentos (Ic) es de 4,16 y la tasa de coautoría del 96,88%.

Destaca el elevado grado de colaboración que tienen estos investigadores en el periodo de tiempo analizado. El 89,84% de los documentos están realizados en colaboración (115 de 128 docs.). Se hallan 36 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 58 internacionales y 6 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria). A nivel internacional, los investigadores iq de de este departamento, colaboran con instituciones de 14 países: 23 colaboraciones con Francia, 9 con Brasil, 7 con Bélgica y 5 con Argentina. Con dos colaboraciones están Canadá, Países Bajos, Reino Unido y Uruguay; con una colaboración Alemania, Australia, Colombia, Marruecos, Rusia y Eslovaquia.

Las colaboraciones nacionales (36) están repartidas entre las 31 con otras universidades y las 5 con instituciones no universitarias. Estas últimas son realizadas 3 con el CSIC y 2 con hospitales. La universidad que más colabora con estos investigadores es la Pública de Navarra, que lo hace en 20 ocasiones, todas ellas con los iq de esta universidad. Con la Universidad de Sevilla colabora en 7 ocasiones (1 de ellas los iq del Dpto de Ingeniería Química), y con la Universidad de Granada en 4 ocasiones (una de ellas con los iq de esta Universidad)

### 4.7.18 Valencia

La CCAA Valenciana tiene siete universidades, siendo cinco de ellas instituciones públicas. Todas las universidades públicas valencianas tienen en su estructura el área de *Ingeniería Química*.

Los nombres de las Universidades junto al resumen de datos en cuanto a producción, se relacionan en la tabla 4.50 y en la figura 4.147.

**Tabla 4.50. Producción científica de las universidades de Valencia**

Universidad	Nº Documentos / Años								Tipo Doc		Citas 00-07			Citas 00-10			Idiomas		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Art	Rev	Cit'08	Cit/doc	h-ind	Cit'11	Cit/doc	h-ind	Ing	Esp	Otr
Alicante	19	33	11	16	16	24	19	138	138	0	862	6,25	15	1688	12,23	21	138	0	0
Jaume I	7	10	15	6	12	3	7	60	59	1	181	3,02	7	304	5,07	10	49	11	0
Miguel Hernán	0	0	1	2	0	2	0	5	5	0	4	0,80	2	16	3,20	3	4	1	0
Politécnica de	7	7	10	12	14	21	29	100	100	0	348	3,48	9	775	7,75	15	99	1	0
Valencia	17	16	13	8	14	10	21	99	99	0	754	7,62	14	1352	13,66	21	97	2	0

La figura siguiente (fig. 4.147) muestra tanto el número de documentos producidos por los iq de estas universidades, en el periodo estudiado, como las citas recibidas por los mismos. Se observa que, tanto en número de documentos como el de citas, la Universidad de Alicante ocupa el primer puesto con respecto al resto de universidades de su Comunidad. En relación a número de documentos le siguen la Politécnica de Valencia, Valencia, Jaume I y Miguel Hernández de Elche. En cuanto a número de citas (primera toma de datos), sigue el mismo orden con la excepción de la Universidad de Valencia que pasa a ocupar el segundo puesto, pasando la Politécnica de Valencia a ocupar el tercero. Igualmente ocurre en cuanto a número medio de citas por documento e índice-h. En la segunda toma de datos, citas hasta 2010, sigue posicionándose Alicante en el primer puesto, seguida de Valencia, pasando la

Universidad Politécnica a un tercer lugar. Las dos primeras obtienen igual índice-h (21).

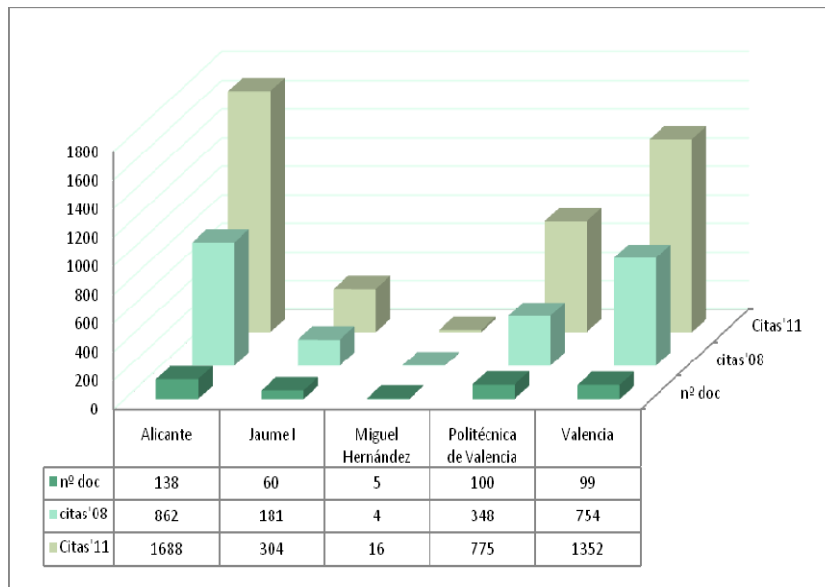


Figura 4.147. Producción científica de las universidades de Valencia

A nivel nacional, y en relación a las citas recibidas (hasta 2007), la universidad mejor posicionada de esta comunidad es la Universidad de Alicante (puesto número 12), seguida de la Universidad de Valencia y la Politécnica (puestos 17 y 26). En relación a las citas obtenidas hasta 2010, la Universidad de Alicante retrocede hasta el puesto número 15 y se mantiene en el mismo puesto la Universidad de Valencia.

A continuación se detallan los resultados por Universidad

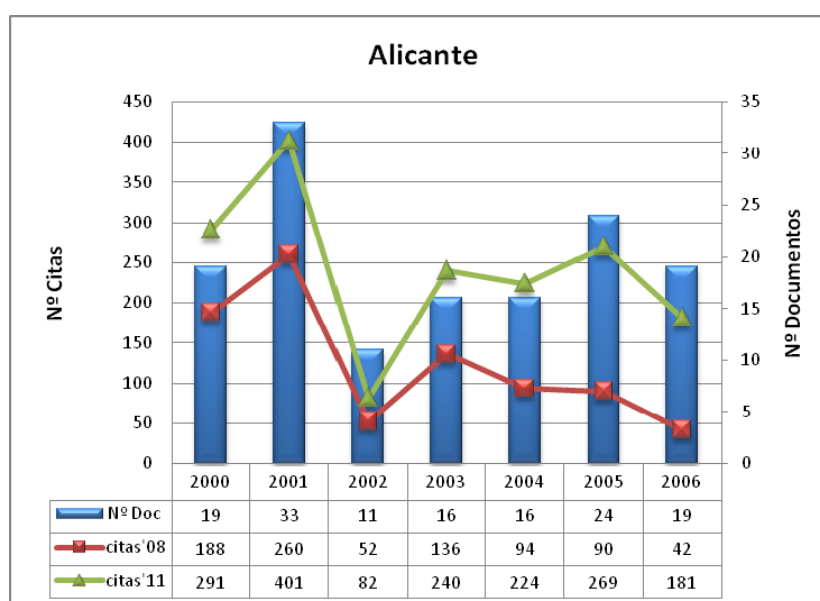
#### 4.7.18.1 Universidad de Alicante

El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>336</sup> de la Universidad de Alicante se compone de personal adscrito al Área de Conocimiento de Ingeniería Química y con sede y docencia en la Escuela Politécnica Superior.

<sup>336</sup> Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.iq.ua.es> [consulta: marzo 2012].

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Alicante, durante el periodo de estudio, asciende a 138 documentos con una producción media de  $19,71 \pm 5,02$  documentos por año. La producción anual oscila entre once y treinta y tres documentos que corresponden a los años 2002 y 2001, respectivamente.

La figura 4.148 muestra la evolución anual de la producción de los iq de la Universidad de Alicante, observándose que aunque alta, es muy irregular a lo largo de estos años.



**Figura 4.148. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Alicante**

Del mismo modo, la figura 4.148, muestra la distribución de las citas recibidas por los documentos de los iq de esta universidad. Así, hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio obtiene 862 citas, con una media de cita por documento de 6,25 y un índice-h de 15. Las citas recibidas hasta 2010, alcanzan un valor de 1688 (12,23 cita por documento; índice-h=21), lo que supone un incremento del 95,82%. Los documentos que reciben mayor número de citas en los dos momentos analizados, se corresponden a los publicados en el año 2001.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos y todos están escritos en el idioma inglés.

Los 138 documentos están publicados en 39 títulos distintos que están clasificados en 25 categorías diferentes.

Destaca la alta concentración de documentos en una revista que publica el 29,71% de la producción (41 docs.). El 52,17% de la productividad de los iq alicantinos están publicados en 5 títulos y el 75,36% en 14 títulos distintos. Para recoger el 24,64% restante se necesitan 25 títulos más. El 11,59% de la producción están en revistas que publican un documento (16 revistas) durante el periodo estudiado.

*Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* es la revista que publica el mayor número de documentos acaparando el 29,71% de la producción total. Con valores mucho más inferiores, le siguen *Industrial & Engineering Chemistry Research* que publica el 6,52% de la producción (9 docs.), *Environmental Science & Technology* y *Fluid Phase Equilibria* publican el 5,80% cada una de ellas (8 docs.) y *Polymer* recoge el 4,35% (6 documentos) del total. Estas cinco revistas publican el 52,17% de la productividad de los iq de la Universidad de Alicante.

Las tres categorías que recogen el mayor número de documentos son *Chemical Engineering* con el 20,38% (54 docs.), *Chemistry Analytical* el 16,60% (44 docs.) y *Spectroscopy* el 15,47% (41 docs.). (Fig. 4.149)

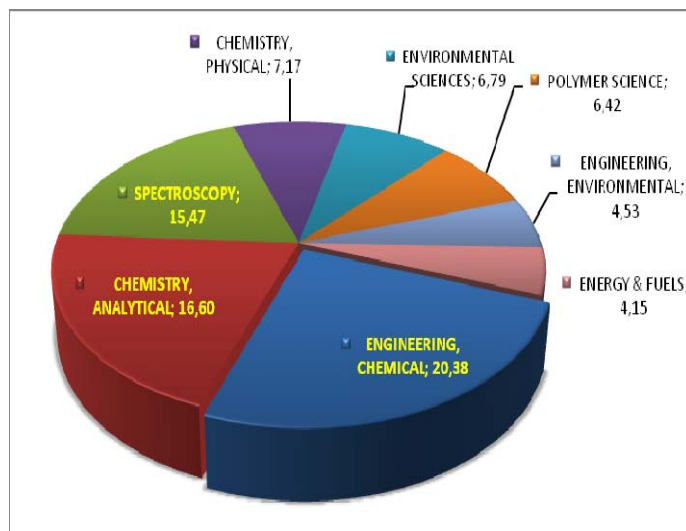


Figura 4.149. Categorías temáticas de la Universidad de Alicante

El número medio de autores firmantes por documento está en 3,54 autores por trabajo siendo la tasa de coautoría del 99,28 % (un único documento generado por un autor).

El 33,33% de los documentos de los investigadores del área de IQ de la Universidad de Alicante e indizados en las bases de datos de WoS están en colaboración (46 de 138) con otras instituciones. En el conjunto de documentos en colaboración se hallan 17 colaboraciones nacionales, 15 internacionales y 20 con otras unidades de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional colaboran con 5 países distintos, destacando las 9 colaboraciones con los Estados Unidos y las 3 con el Reino Unido. Con Japón, Países Bajos y Rumania, colaboran en una ocasión, con cada uno, en el periodo estudiado.

A nivel nacional colabora con tres universidades: Miguel Hernández de Elche (4 col.), Valencia (3 col.) y Cádiz (2 col.). De las colaboraciones con la Universidad de Valencia, dos de ellas son con investigadores de del área de IQ A nivel nacional también colaboran con centros no universitarios como el CSIC (3 col.) y con otros centros de investigación y empresas (4 y 1 col., respectivamente).

#### 4.7.18.2 Universidad Jaume I de Castellón

El *Departamento de Ingeniería*<sup>337</sup> de la Universidad Jaume I de Castellón se componía de personal adscrito al área de conocimiento de Ingeniería Química con sede en Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales, donde se impartía la titulación de Ingeniero Químico.

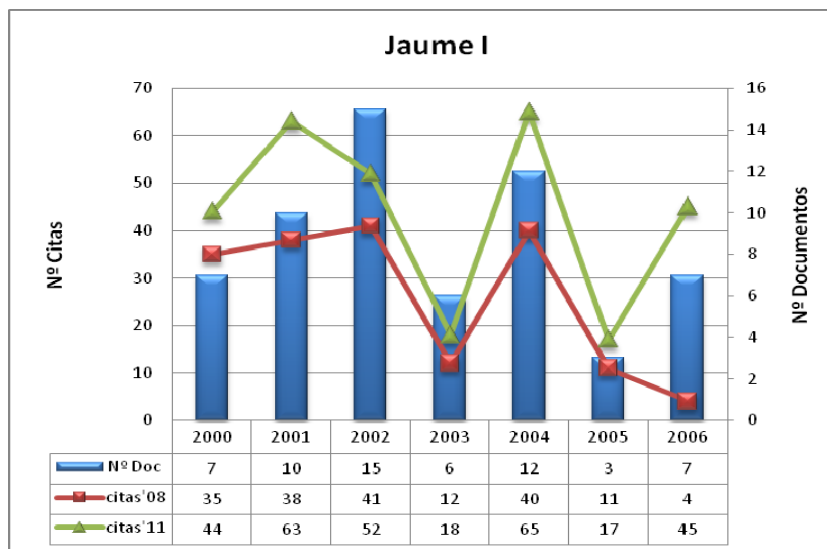
El número de documentos publicados por los ingenieros químicos, durante el periodo de estudio, asciende a 60. La producción media es de 8,57 documentos por año y una desviación media de 3,22. El conjunto de documentos de estudio obtiene 181 citas, con una media de cita por documento de 3,02 y un índice-h de 7 (primera toma de datos). Hasta 2010, el total de citas recibidas asciende a 304, lo que supone un incremento del 67,96%. El promedio de citas por documento es de 5,07 y el índice-h se eleva a 10. Los documentos más citados se corresponden con los publicados en 2002 para la primera toma de datos, y los del 2004 para la segunda.

La figura siguiente (fig. 4.150), muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando y la citación a los mismos. En

---

<sup>337</sup> Universidad Jaume I de Castellón. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Visitado en: <http://www.uji.es/CA/departaments/qui/presentacio/> [consulta: marzo 212]

conjunto, la tendencia es negativa, observándose una producción muy irregular a lo largo de los años. El crecimiento es positivo durante los tres primeros años de estudio, pasado de 7 documentos en el año 2000 a 15 en el año 2002. En la mitad del periodo (año 2003) decae la producción con respecto a los tres años anteriores, para volver a incrementarse el número de en 2004 por encima de la media. En los últimos años la producción recogida en *WoS* para estos investigadores vuelve a disminuir llegando, en 2005 a obtenerse el mínimo de documentos (3 docs.).



**Figura 4.150. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Jaume I de Castellón**

Del total de documentos, 59 son artículos científicos (98,33%) y 1 es del tipo review (1,67%) publicado en el *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. El idioma más utilizado es el inglés que alcanza el 81,67%, destacando que los iq de la Universidad Jaume I utilizan el idioma español en 11 documentos: diez artículos son publicados en revistas nacionales, nueve en el *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* y uno en *Materiales de Construcción*; un artículo publicado en la revista suiza *Euro Ceramics VII, PT 1-3: Key Engineering Materials*.

El conjunto de documentos están publicados en un total de 14 revistas clasificadas en 8 categorías científicas de *WoS*. La revista con mayor producción acapara el 20% del total de documentos de estos investigadores y el 75% está publicado en 6 títulos distintos. El 25% restante está en 6 títulos de los cuales, cuatro (6,67%) publican un solo documento durante el periodo estudiado.



El mayor número de documentos (20% de la producción (12 docs.)), están publicados en el *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. La segunda publicación más utilizada es la británica *British Ceramic Transactions* con el 15% de la producción (9 docs.). La siguiente la revista es la editada en Suiza *Euro Ceramics VII, PT 1-3: Key Engineering Materials* que publica el 11,67% del total (7 docs.). El cuarto puesto lo comparten, con un 10% y seis documentos cada una, las revistas *CFI-Ceramic Forum International* (publicación alemana) y *Journal of the American Ceramic Society*. Todas ellas junto al *Journal of the European Ceramic Society* (Reino Unido) (8,33% y 5 docs.), publican el 75% de la producción.

El 75,34% de los documentos están publicados en revistas clasificadas en la categoría *Materials Science, Ceramics* (55 docs.); el 15,07% (11 docs.) en *Material Sciences Composites* y, con sólo dos documentos (2,74%), aparece en tercer lugar la categoría *Spectroscopy* (fig.4.151).

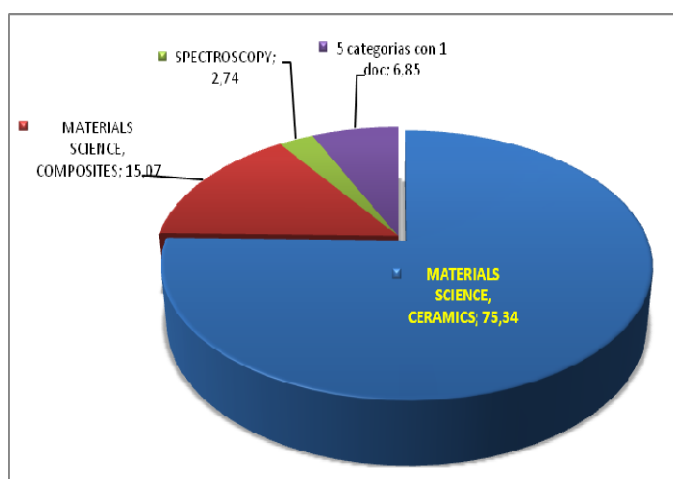


Figura 4.151. Categorías temáticas de la Universidad Jaime I de Castellón

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) es de 4,57 y la tasa de coautoría del 90%.

El 36,67% de los documentos de los i q de esta universidad, están elaborados en colaboración (22 de 60), hallándose 16 colaboraciones con distintas instituciones nacionales y 6 colaboraciones internacionales.

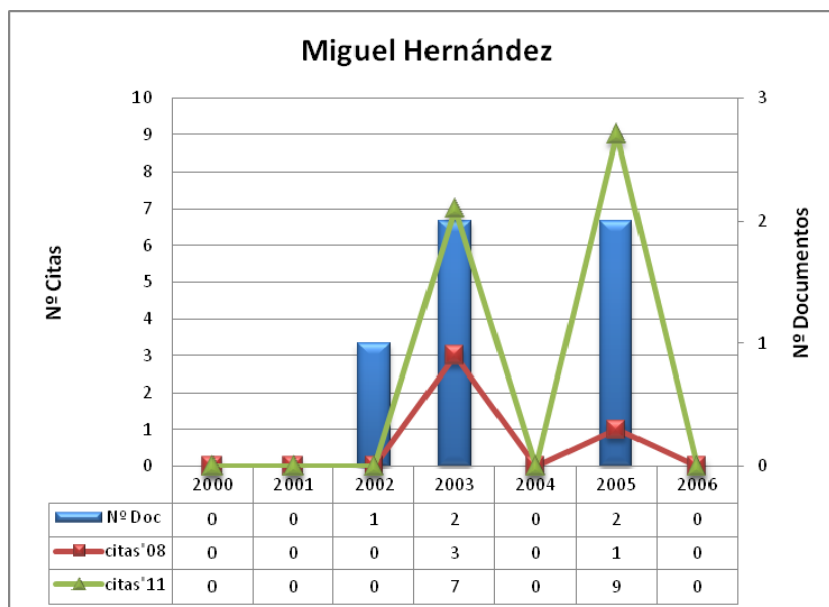
A nivel internacional estos investigadores colaboran con 2 países distintos: 4 colaboraciones con Inglaterra y 2 con Italia.

De las colaboraciones nacionales (16) 3 están realizadas con la Universidad Politécnica de Valencia, siendo dos de ellos con el área de IQ, las trece colaboraciones restantes están repartidas en las 7 colaboraciones con empresas, 3 con el CSIC y otras 3 con otros centros de investigación.

#### 4.7.18.3 Universidad Miguel Hernández de Elche

El *Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente*<sup>338</sup> de la Universidad Miguel Hernández de Elche se compone de personal adscrito a seis áreas de conocimiento, *Ingeniería Química* (pequeña en cuanto a número de profesores), *Geodinámica Externa*, *Edafología y Química Agrícola*, *Parasitología*, *Química Física* y *Zoología*. Con sede en la Facultad de Ciencias Experimentales en el Campus de Elche.

En la figura 4.152 se muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, así como la evolución de la citación. Como se observa, el número de documentos es pequeño (5) y publicados en tres de los siete años estudiados.



**Figura 4.152. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Miguel Hernández de Elche**

<sup>338</sup> Universidad Miguel Hernández de Elche. Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. [En línea]. Visitado en: <http://agromedi.umh.es/NUEVA%20WEB> [consulta: marzo 212]

Los cinco documentos recuperados en las bases de datos WoS de estos investigadores son artículos científicos, utilizando el inglés en cuatro de ellos y el español en uno. Están publicados en 5 revistas científicas distintas, recogiendo cada una de ellas un documento. Estas revistas están clasificadas en 6 categorías temáticas, siendo la más recurrente *Material Science, Ceramis* (3 documentos).

La media de autores que firman los documentos (Ic) está en 3,8 y la tasa de coautoría es del 100%.

La colaboración de los investigadores de esta pequeña área de IQ es del 80%, hallándose cinco colaboraciones a nivel nacional<sup>339</sup>. Entre los cuatro documentos en colaboración, hay 5 colaboraciones, una con la Universidad Jaume I y 4 con otras instituciones no universitarias (CSIC).

#### 4.2.18.4 Universidad Politécnica de Valencia

El *Departamento de Ingeniería Química y Nuclear*<sup>340</sup> de la Universidad Politécnica de Valencia inicia su andadura en febrero de 1986 englobando dos áreas de conocimiento, *Ingeniería Química e Ingeniería Nuclear*. Con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, desarrolla la investigación y las enseñanzas propias como son la Ingeniería Nuclear y la Ingeniería Química, e imparte docencia, además, en las siguientes escuelas: E. Politécnica Superior de Alcoy, E. Politécnica Superior de Gandía, ETS de Gestión en la Edificación, ETS de Ingeniería del Diseño, ETSI Caminos, Canales y Puertos, ETSI de Telecomunicación, ETSI Industriales y F. Admón. y Dirección de Empresas.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Politécnica de Valencia, durante el periodo de estudio, asciende a 100 documentos. La producción media es de  $14,29 \pm 6,12$  documentos por año.

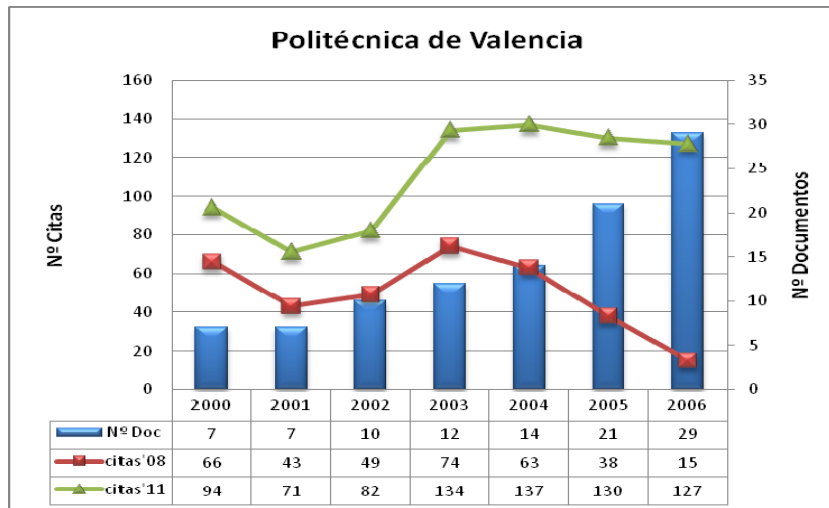
En la figura siguiente (fig. 4.153) se muestra la distribución del número de documentos producidos a lo largo de periodo estudiando, observándose una tendencia positiva y crecimiento constante a lo largo de los años, pasando de 7 documentos

---

<sup>339</sup> No existe colaboración internacional ni intrauniversitaria

<sup>340</sup> Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear. [En línea]. Visitado en: [http://upv.es/diqn/dep\\_esp.htm](http://upv.es/diqn/dep_esp.htm) [consulta: marzo 212]

durante el bienio inicial (2000-2001) a alcanzar, en el último año (2006), un total de 29 documentos.



**Figura 4.153. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad Politécnica de Valencia**

Hasta 2007, el conjunto de documentos de estudio obtiene 348 citas, con una media de citas por documento de 3,48 y un índice-h de 9. Las citas recibidas hasta 2010 alcanza la cifra de 775 (7,75 cita por documento; índice-h de 15). El incremento producido en número de citas es del 122,70%. Los documentos que reciben mayor número de citas se corresponden a los producidos en el año 2003 para la primera toma de datos y los correspondientes a 2004 para la segunda.

Todos los documentos recuperados son artículos científicos y el idioma más utilizado es el inglés (99%). El español es utilizado en un artículo, publicado en la revista científica española *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.

El conjunto de los documentos están publicados en un total de 33 revistas científicas distintas, encuadradas éstas en 22 categorías temáticas.

Una única revista publica el 32% (32 docs.) de los documentos, necesitándose únicamente dos más para alcanzar el 50% del total. El 75% de los documentos están distribuidos en 12 títulos distintos y para agrupar el 25% restante se necesitan 21 revistas más. El 17% de la producción están en revistas que publican solamente un documento durante el periodo estudiado.

Dos revistas recogen el mayor número de documentos; la revista *Desalination* publica el 32% de la producción (32 docs.) y *Corrosion* el 14%. Ambas publican el 46% del total de la producción. El tercer puesto lo comparten, con el 4% y cuatro documentos cada una, las revistas *Corrosion Science*, *Journal of Catalysis* y *Journal of Membrane Science*.

Las cinco categorías temáticas que se muestran en la figura 4.154, incluyen las revistas que publican mayor producción. Así el 27,51% de los documentos están publicados por revistas de la categoría *Chemical Engineering* (52 docs.); *Water Resources* el 17,46%; *Material Science Multidisciplinary* el 10,05%; *Metallurgy & Metallurgical Engineering* el 9,52% y el 5,29% de los documentos están en la categoría *Chemistry Physical*.

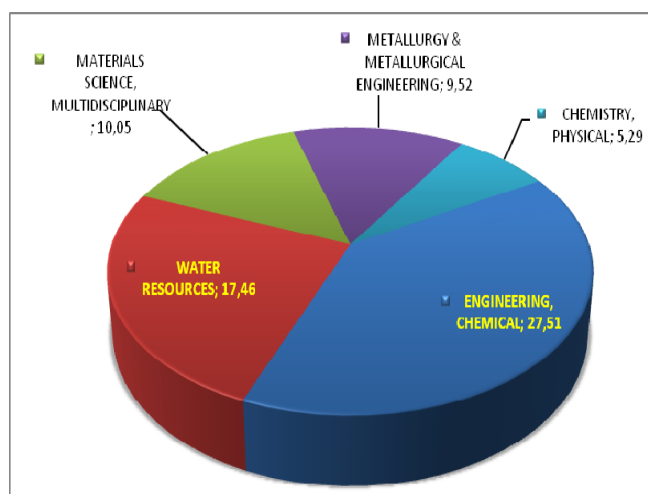


Figura 4.154. Categorías temáticas de la Universidad Politécnica de Valencia

La media de autores que firman los documentos ( $I_c$ ) es de 4,38 con la tasa de coautoría del 100%.

El 45% de los documentos de estos investigadores están en colaboración con otras instituciones. Del total se hallan 28 colaboraciones con distintas instituciones nacionales, 8 colaboraciones con instituciones internacionales y 23 colaboraciones con distintas áreas de la propia universidad (intrauniversitaria).

A nivel internacional los investigadores iq de la Politécnica de Valencia colaboran en 8 ocasiones con 5 países distintos. Con Cuba, Francia y Estados Unidos, 2 colaboraciones con cada uno de ellos y con Alemania y Brasil una.

Las colaboraciones nacionales (28) están repartidas entre 18 con otras universidades y 10 con instituciones no universitarias. Con la Universidad de Oviedo tiene 8 colaboraciones (todas ellas con el área de IQ) y con la Universidad de Valencia 6 (3 de ellas con el área de IQ). Con 2 colaboraciones se hallan las universidades de Lleida (con el área de IQ) y Jaume I. Las 10 colaboraciones con instituciones no universitarias están repartidas de la siguiente forma: 3 con hospitales, 2 con empresas, centros de investigación y servicios o unidades gubernamentales y una colaboración con el CSIC.

#### 4.7.18.5 Universidad de Valencia

El *Departamento de Ingeniería Química*<sup>341</sup> de la Universidad de Valencia tiene su origen en el año 1949 cuando se creó la Cátedra de Química Técnica en la Facultad de Ciencias para impartir una asignatura en la Licenciatura en Ciencias Químicas. Posteriores modificaciones del plan de estudios introdujeron una segunda asignatura en el año 1957 y una tercera en el año 1972. En 1973, tras la modificación de los planes de estudio, se introdujo la especialidad de Química Industrial en el segundo ciclo de la Licenciatura en Ciencias Químicas. Tras la promulgación de la Ley de Reforma Universitaria cambia su nombre por el de Ingeniería Química. Posteriormente, en el curso 1993-1994, se crea y pone en marcha el título de Ingeniero Químico, dando mayor impulso al departamento.

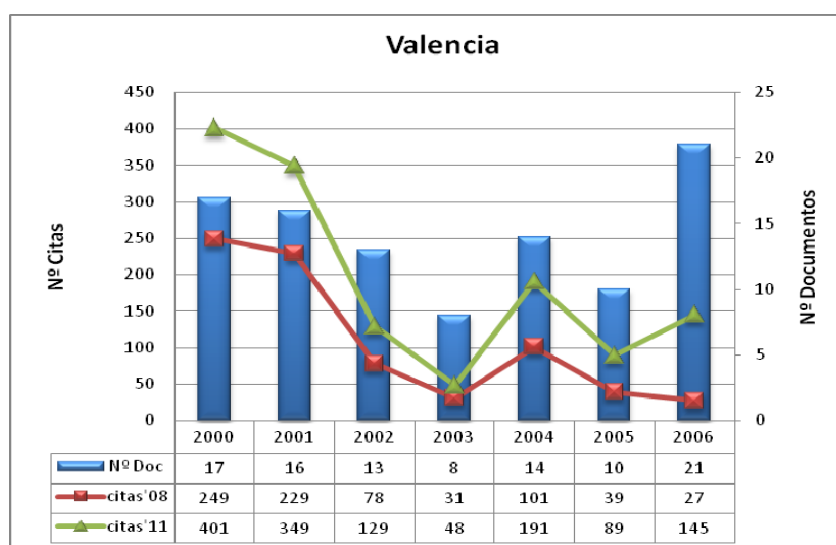
El departamento está encargado de organizar y desarrollar la investigación y las enseñanzas relacionadas con las áreas de conocimiento de Expresión Gráfica en la Ingeniería, Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente. Imparten docencia en los títulos de las licenciaturas en Química, en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, en Bioquímica, en Ciencias Ambientales y en la diplomatura en Nutrición Humana y Dietética y, fundamentalmente en el título de Ingeniero Químico. Está adscrito a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería desde su creación en 2003.

El número de documentos publicados por los ingenieros químicos de la Universidad de Valencia, durante el periodo de estudio, asciende a 99 siendo la producción media por año de  $14,14 \pm 3,31$ .

---

<sup>341</sup> Universidad de Valencia. Departamento de Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: <http://www.uv.es/web/departamentos/D245/castellano/general/presentacion.xml> [Consulta: marzo 212]

El número de documentos, durante el periodo de estudio, oscila entre ocho y veintiuno que corresponden a los años 2003 y 2006, respectivamente. La figura 4.155 muestra la evolución anual de la producción de los iq de la Universidad de Valencia, donde se puede observar dos periodos en su producción. El primero con pendiente negativa, (2000-2003) donde el número de documento decrece (de 17 a 8 documentos). A partir del siguiente año, comienza un periodo positivo con un ligero descenso en 2005, alcanzándose el máximo en 2006 con 21 documentos.



**Figura 4.155. Producción científica y evolución de la citación de la Universidad de Valencia**

El conjunto de documentos de estudio obtiene 754 citas, hasta 2007, con una media de citas por documento de 7,62 y un índice-h de 14, llegando a 2010 con 1352 citas, un promedio de 13,66 citas por documento e índice-h de 18. El número de citas entre los dos periodos de tiempo tiene un incremento del 79,31%.

Todos los documentos son artículos. El idioma más utilizado es el inglés que alcanza el 97,98%; el idioma español es utilizado en dos artículos (2,02%), publicados en las revistas españolas *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* y *Revista de Metalurgia*. El número de revistas que publican los distintos documentos es de 27 y éstas están clasificadas en 18 categorías temáticas.

Existe una gran concentración de documentos en pocas revistas. Así las dos con mayor producción recogen el 35,35% del total de documentos de estos investigadores; el 53,54% de la producción de los iq valencianos están publicados en 4

títulos y el 75,76% en sólo 9. Para agrupar el 24,24% restante se necesitan 18 títulos más. El 15,15% de la producción están en revistas que publican un solo documento durante el periodo estudiado, de estos investigadores.

El mayor número de documentos los recoge la revista *Fluid Phase Equilibria* que publica el 18,18% de la producción (18 docs.). La segunda publicación más utilizada es *Journal of Chemical and Engineering Data* que recoge el 17,17% de la producción (17 docs.). El tercer puesto lo comparten con un 9,09% y nueve documentos cada una, las revistas *Journal of Catalysis* y *Water Science and Technology*.

Las categorías más recurrentes son las que se muestran en la figura 4.156. Se observa que el 50,67% de los documentos están publicados en revistas clasificadas en dos categorías: el 29,15% en la categoría *Chemical Engineering* (65 docs.) y el 21,52% (48 docs.) en *Chemistry, Physical*. Con valores inferiores se encuentran las categorías *Chemistry Multidisciplinary* con el 9,87% (22 docs.); *Environmental Sciences* el 8,97% (20 docs.); el 8,52% en *Thermodynamics*, y *Engineering Environmental* y *Water Resources*, con el 13,13% y 12,12% de la producción, respectivamente (13 y 12 docs.).

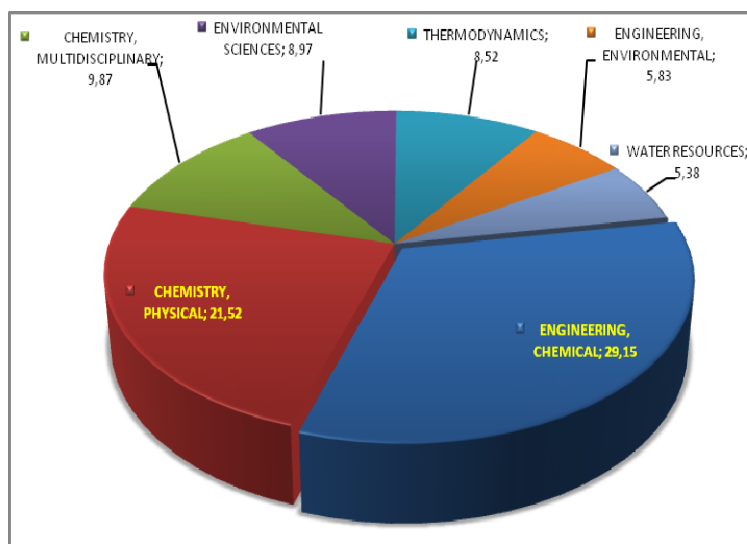


Figura 4.156. Categorías temáticas de la Universidad de Valencia

El promedio de número de autores que firman los documentos ( $l_c$ ) es de 4,23 con una tasa de coautoría del 100%.



De los 99 los documentos estudiados de los iq de la Universidad de Valencia, el 67,68% (67 docs.) están en colaboración con otras instituciones. Se encuentran 29 colaboraciones con instituciones internacionales, 57 colaboraciones nacionales y 4 colaboraciones con distintas áreas de su propia universidad.

A nivel internacional establecen colaboración con 11 países distintos, destacando las 8 colaboraciones con Israel y Chile, y 3 con Bulgaria. Colabora en dos ocasiones con Cuba y Alemania y en una con Argentina, Brasil, Colombia, Francia, Holanda y Reino Unido.

Las colaboraciones nacionales (57) están repartidas de la siguiente forma: 49 con otras universidades y las 8 restantes con otros centros, divididos estos últimos en 4 con centros de investigación, 3 con el CSIC y una colaboración con una entidad gubernamental. Con la Politécnica de Valencia colabora en 41 ocasiones siendo 3 de ellas con el área de IQ de esta universidad. Con la Universidad Autónoma de Madrid colabora en tres ocasiones y una con la Complutense de Madrid. Con las universidades de Alicante y de Baleares colabora en dos ocasiones, ambas con el área de IQ de estas universidades.





## **CAPÍTULO V. Conclusiones**



## 5. Conclusiones

La memoria de tesis recoge los resultados obtenidos de la producción científica de los investigadores del área de *Ingeniería Química* de la universidad española. Los datos han sido recuperados de las bases de datos *WoS* (Thomson Reuters, antes ISI), en el periodo comprendido entre 2000 y 2006, ambos incluidos. La tipología documental seleccionada para estudio fueron artículos y reviews.

### **IQ Total:**

- 1.- La producción científica de los iq ascendió a 4.648 documentos. El área de IQ aporta un 3,29% del total de la producción universitaria española y un 2,76% de la producción científica del país, visible o con difusión internacional en el período de tiempo estudiado (tipología documental de artículos y reviews).
- 2.- El crecimiento de la producción científica de las universidades española en IQ, en el período de tiempo estudiado, es de tipo exponencial ( $R^2 = 0,99$ ).
- 3.- El artículo científico es el tipo de documento más utilizado para la difusión de los resultados de la investigación con un 98,49 % de los casos, siendo solo el 1,51 % el de tipología review.
- 4.- El inglés predomina en el 97,16% de los casos. El español apenas alcanza el 3 % (2,65 %), y con valores residuales (0,19%), otros idiomas.
- 5.- El uso del idioma español en las publicaciones nacionales desciende considerablemente en el periodo de tiempo estudiado, pasando de 26 documentos al principio del periodo (4,81 %) a 10 documentos en el año 2006 (1,22 %)

- 6.- Para el primer período de tiempo en el que se recogieron las citas (principio de 2008), el total de citas recibidas por los 4.648 documentos fue de 29.789. El porcentaje de documentos citados fue del 83,80% (3.895 documentos recibieron una cita, como mínimo). La media de citas/documento fue de 6,41. El *Índice h*, para el conjunto de documentos analizados, fue de 44.
- 7.- Para el segundo período de tiempo en el que se recogieron las citas (principio de 2011), el total de citas recibidas por la totalidad de documentos fue de 65.192. El porcentaje de documentos citados asciende al 94,15% (4.376 documentos recibieron una cita, como mínimo). La media de citas/documento fue de 14,03. El *Índice-h*, para el conjunto de documentos analizados, fue de 70.
- 8.- Con respecto a la primera toma de datos, el incremento producido en el número de citas recibidas asciende al 54,31%.
- 9.- Se observa dos tendencias claras y distintas relacionadas con el comportamiento de la citación a los documentos a lo largo de estos diez años. Un primer grupo (2000-2003), con un crecimiento paulatino del número de citas recibidas hasta el año 2007, permaneciendo constante desde este momento y con pequeñas oscilaciones hasta el año 2011. El segundo grupo (2004-2006), con un fuerte crecimiento. Destaca la fuerte citación a los documentos del año 2006 que alcanza el máximo de citas al cuarto año de ser publicados. En 2011 los documentos de 2006 están aún en la fase de decrecimiento de citas. El cambio brusco, entre un grupo y otro, podría deberse, fundamentalmente, a la incorporación a *WoS* de las bases de datos *Proceedings*, en esos últimos años.
- 10.- El número total de referencias (citas que los autores de los documentos del estudio dan a sus colegas) fue de 126.823. El promedio de referencias por documento fue de 27,29. Los valores extremos están comprendidos entre los 12 artículos que no contenían referencias y los 38 documentos con más de 100 (todos ellos reviews).
- 11.- El *Índice de Price* de la literatura de IQ del año 2006 fue de 39,49 %. La vida media alcanzada fue de 7,53 años y el factor de envejecimiento anual alcanza el 91 % (pérdida de actualidad de la literatura del 9 %).
- 12.- Los 4.648 documentos, que constituyen el material de estudio, han sido firmados por un total de 5.239 autores, siendo 1.239 de ellos fueron identificados como

---

miembros del área de IQ. Hay un autor que publica 102 trabajos y un conjunto de 2.712 autores que contribuyen con un solo trabajo.

- 13.- Se hallan 72 autores (1,37%) con un nivel de productividad superior o igual a 1,48, contribuyendo cada autor con 30 o más documentos.
- 14.- Los autores de la Universidad de Extremadura están bien posicionados. Seis autores de los más productivos pertenecen a esta universidad ocupando los puestos 7 y 14, los primeros y 3 autores comparten el puesto 31 y otro en el 34. Los dos primeros investigadores de la UEx publican, en el periodo de estudio, 71 y 57 documentos, respectivamente, con promedios de documentos por año de 10,4 y 8,14.
- 15.- Casi el 10 % de los autores (9,63 %) publicaron cerca del 50 % de los trabajos (49,49 %), mientras que fue necesario el 90 % de los autores restantes para obtener el otro 50 % de documentos publicados.
- 16.- Tanto la Curva de Lorenz como el Índice de Gini (0,8012) muestran una alta concentración de los trabajos entre los autores. La distribución de autores, respecto a su productividad, no se ajusta a una distribución Lotka.
- 17.- La colaboración científica entre autores, resultó muy alta, con una tasa de coautoría del 99,16% (4.609 trabajos están firmados por 2 o más autores). El índice de coautoría fue de 4,23 autores/documento, alcanzando los artículos con 4 autores cerca del 32% (31,97 %). Más de las  $\frac{3}{4}$  partes del total de documentos, están firmados por un número de autores comprendido entre 3 y 5. En ingeniería química la distribución del número en co-autoría resultó ser una distribución normal.
- 18.- En promedio, la diferencia en el número de citas recibidas entre artículos con cuatro o más autores y artículos con menos de cuatro autores, no resultó estadísticamente significativa.
- 19.- El 51,72% de los trabajos fueron realizados conjuntamente con otras instituciones (2404 documentos en total), quedando con autoría de un solo área el 48,28% restante de los documentos (2244 documentos). El 65,77% de los documentos en colaboración están firmados por dos instituciones y el 25,17% por tres instituciones.

- 20.- La correlación entre el número de artículos en cada año y el porcentaje de artículos con colaboración internacional resultó estadísticamente significativa.
- 21.- No resultó estadísticamente significativa la diferencia entre el promedio de citas recibidas entre el grupo de artículos con colaboración internacional y el de artículos sin colaboración internacional.
- 22.- En relación a la media de firmas de autores por trabajo, no existen diferencias entre los documentos elaborados en colaboración nacional e internacional (4,5 autores por trabajo). Sí hubo diferencia en aquellos trabajos realizados con colaboración mixta, en los que la media de autores por documentos está en 5,33.
- 23.- El 22,25% de los trabajos están elaborado junto, al menos, con una institución internacional. El crecimiento, aunque moderado, se mantiene durante todos los años del periodo de estudio, siendo el año con mayor número de colaboraciones internacionales 2005. Los principales países con quien se colabora son: Francia (12,51%), USA (11,68%) e Italia (7,26). De las instituciones participantes en los documentos con colaboración internacional, el 73,26% son con instituciones universitarias
- 24.- La totalidad de los documentos fueron publicados en 598 revistas distintas, pertenecientes a 115 categorías del JCR (Thomson Reuters), si bien el 80 % de la producción se concentró en solo 14 categorías. La categoría con el mayor número de ocurrencias fue *Chemical Engineering*, con un 20,38 % del total.
- 25.- Alrededor del 16 % de la producción total fue publicada en tan solo 5 revistas, siendo la de mayor número de artículos publicados *Industrial & Engineering Chemistry Research*, con 283 documentos (6,09 %). Existen 241 títulos que únicamente publican un documento (**índice de transitoriedad** o porcentaje de revistas que publican un único documento). Esto supone que el 40,30% de las fuentes estudiadas tan solo publicaron el 5,19% de la producción total.
- 26.- Respecto a las revistas, los once primeros títulos (revistas más productivas) contienen más del 25% de la producción total (25,75%), con 1.197 artículos. Y, con las 35 primeras revistas (5,85 %) se supera el 50 % de la producción total (50,19 %). La dispersión de la literatura (distribución de artículos en las revistas) se representa por un núcleo formado por las 17 primeras revistas más productivas (1549 documentos), una segunda zona compuesta por las 59 revistas siguientes



a las del núcleo (1573 documentos) y, finalmente, una tercera zona conteniendo las 522 revistas finales (1526 documentos). En el núcleo el promedio de artículo/revista es de 91,11; en la segunda zona el número de artículos por revista baja considerablemente (26,66) y en la tercera zona ni siquiera alcanza los tres artículos por revista (2,93).

- 27.- Del total de fuentes, 15 son latinoamericanas, publicándose en estas el 3,61% de la producción, a lo largo del periodo estudiado se observa, por un lado, la decadencia en su uso; por otro, la baja captación de citas de los documentos publicados por estas revistas.
- 28.- Los documentos publicados por los iq, en el periodo de tiempo analizado, están clasificadas en 115 categorías temáticas (JCR), estando dos tercios de la producción clasificados dentro de nueve categorías. Las categorías predominantes en las que están incluidas las revistas con mayor producción fueron: *Engineering, Chemical* (20,38%), *Chemistry, Physical* (9,19%) y *Environmental Sciences* (7,35%).
- 29.- Siguiendo la clasificación del *JCR* de *WoK*, las revistas aparecieron asignadas entre una y seis categorías.
- 30.- El 54,18% de las revistas están multiasignadas (324 revistas) y lo están a un número de categorías comprendidas entre dos y seis, correspondiéndoles el 56% de la producción estudiada. El 45,82% restante (274 revistas) se encuentran encuadradas en una única categoría (44% de los documentos).
- 31.- Con los datos correspondientes al FI del año 2006, se observa, que cerca de dos tercios, 60,87%, de las revistas y el 79,52% de los documentos (producción 2002-2006), están posicionados en los dos primeros cuartiles. Le corresponden al primer cuartil el 36,79% de las revistas y el 59,99% de la producción.
- 32.- De las 17 revistas más utilizadas por los iq, el 88,24% están posicionadas en los dos primeros cuartiles dentro de las categorías temáticas en las que están encuadradas: 70,59% en Q1 y el 17,65% en el Q2. Y entre Q3 y Q4, el 5,88%.
- 33.- En los tres primeros puestos (TOP3) del primer cuartil hallamos 39 revistas que publican en total 380 documentos, significando que el 17,73% de las revistas y el 18,19% de los documentos del primer cuartil son considerados como revistas y

- documentos top3. De este grupo, 9 revistas y 99 documentos están posicionados en el primer puesto de sus categorías. En el puesto número dos se hallan 14 revistas que publican 79 documentos y en el puesto tercero 16 revistas que publican 202 documentos.
- 34.- Del grupo de revistas más utilizadas por los iq, *Water Research* y *Applied Catalysis B-Environmental*, están posicionadas en el tercer puesto dentro del primer cuartil de las categorías a las que están asignadas, *Engineering Environmental* y *Engineering Chemical*, respectivamente. Ambas tienen un FI-5 superior a 4 (4,029 y 5,750, respectivamente)
- 35.- Existen documentos encuadrados en diez categorías con un índice de actividad mayor a la nacional ( $IA > 1$ ); dos categorías obtienen un índice de actividad alrededor de 1 ( $IA = 1$ ) y quince categorías donde el esfuerzo es menor que el nacional.
- 36.- Hay que resaltar que en áreas con menor producción durante el año 2006, el esfuerzo fue mayor que a nivel nacional, por ejemplo, *Chemistry Organic*, que con 13 documentos publicados en esa categoría en el año 2006 por los iq (0,86%), obtiene un IA de 1,88; o *Engineering Civil* que abarca revistas que publican 30 documentos de los iq en 2006 (1,99%), obteniendo un IA de 1,53.
- 37.- En categorías temáticas más afines a la investigación de la IQ como son *Engineering Chemical*, *Environmental Sciences*, *Chemistry, Physical*, *Engineering, Environmental*, *Polymer Science*, *Biotechnology & Applied Microbiology* o *Water Resources*, el índice de actividad es, casi igual e incluso menor, en algunos casos, con respecto a España.
- 38.- Un área específica de la ingeniería química como es *Engineering Chemical*, el  $IA = 1,02$ , igualado al esfuerzo realizado por el resto de los investigadores de España en 2006. Podría significar la interrelación entre ciertas disciplinas, y que no existen campos específicos de un área de la ciencia.
- 39.- La producción científica de los iq en el año 2006, en relación al FIR, obtiene valores superiores en 15 de las 20 categorías analizadas, destacando en *Engineering Civil* que con 30 documentos (1,99% del total de la producción de los IQ en 2006) obtiene un FIR de 2,408. Es superior en *Thermodynamics*, FIR = 1,487 (21 documentos; 1,4%) y *Engineering, Chemical* (334 docs; 22,21%) FIR =

1,424. La categoría *Polymer Science* con un FIR de 1,5 (93 documentos; 6,18% de la producción total del 2006).

Con factores de impacto relativos inferiores, destacan áreas de investigación prolíficas de la IQ como *Environmental Sciences* (132 documentos; 8,78%), *Chemistry, Physical* (129 documentos; 8,58%), *Engineering, Environmental* (100 documentos; 6,65%) o *Biotechnology & Applied Microbiology* (78 documentos; 5,19%) que obtienen valores un algo superior al 0,2 de FIR.

Datos aún mejores, pero inferior al 1 (FIR<1), se halla la producción clasificada en la categoría *Water Resources* (71 documentos; 4,72%) con un FIR igual a 0,65.

### Universidades:

40.- Dentro de los 10 primeros puestos de la clasificación de las distintas universidades con producción en el área de IQ, superior a 70 documentos, se hallan las universidades: Politécnica de Cataluña, País Vasco y Rovira i Virgili, con 583, 432 y 303 registros, respectivamente. Les siguen las universidades de Vigo, Santiago de Compostela, Complutense de Madrid, Oviedo, Castilla-La Mancha, con 302, 272, 213, 183 y 163 registros respectivamente. En noveno lugar se encuentra la Universidad de Extremadura con una producción de 154 documentos, seguida de la Universidad de Sevilla que registra 149 documentos.

Si la clasificación se hace por departamentos, ésta no variaría significativamente, a excepción de la Universidad de Sevilla que pasaría a ocupar el puesto número 17 (Dpto. de Ingeniería Química con 103 documentos). De la Universidad del País Vasco entrarían en este grupo dos de sus tres departamentos, Ingeniería Química que pasaría al lugar número siete e Ingeniería Química Ambiental que ocuparía el 10º lugar. El Dpto correspondiente a la Universidad de Extremadura seguiría ocupando el noveno lugar.

41.- En relación a los grandes productores, los 20 autores con mayor producción, participan con promedios de 66,2 trabajos por autor y 9 trabajos por año, todos ellos con una producción superior a 50 trabajos, hallándose en este grupo dos investigadores de la UEx con 71 y 57 documentos respectivamente.

La clasificación por producción la encabezan dos autores pertenecientes a la Universidad Politécnica de Cataluña; en tercer lugar se encuentra un autor del departamento de Química Aplicada del País Vasco; en cuarto y quinto lugar se hallan dos autores de la Comunidad Gallega: uno de la Universidad de Vigo y el segundo de la Universidad de Santiago de Compostela. En sexto lugar otro autor de la Universidad del País Vasco, en este caso del Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente.

De la Universidad de Extremadura, el primer autor está en la posición séptima El segundo autor de la Universidad de Extremadura ocupa el puesto número 14.

En la clasificación general, y por CCAA, se encuentran, **8** autores de las Universidades Andaluzas (Universidades de Almería, Córdoba, Granada, Huelva y Sevilla); **3** de Aragón (Universidad de Zaragoza); **4** de Asturias (Universidad de Oviedo); **1** de Cantabria; **6** de Castilla La Mancha y **1** de Castilla y León (Universidad de Valladolid). Cataluña cuenta con **15** autores dentro de los más productivos: siete de la Universidad Politécnica de Cataluña (dos de ellos en los puestos 1 y 2); las universidades de Lleida, Autónoma de Barcelona y Barcelona cuentan con un autor y Rovira y Virgili con tres autores. De la Comunidad Gallega hay **13** autores: seis de la Universidad de Vigo (uno de ellos en el puesto número 4) y siete de Santiago de Compostela).

**Seis** autores de los más productivos pertenecen a la Universidad de Extremadura ocupando los puestos 7 y 14, los primeros y 3 autores comparten el puesto 31 y otro en el 34.

42.- En relación a la citación, la clasificación de las universidades es variable. En la primera toma de datos (citas recibidas hasta 2007), se hallan en los primeros puestos las universidades Politécnica de Cataluña, País Vasco, Rovira i Virgili, Vigo, Santiago y Complutense y Extremadura, que asciende al séptimo lugar y entran la Universidad de Barcelona y Zaragoza (8º y 9º lugar). Castilla-La Mancha pasa a ocupar el décimo puesto.

Ordenadas las universidades por su índice-h, se obtiene el siguiente orden: País Vasco (23), Politécnica de Cataluña (21) Rovira i Virgili (21) Extremadura (20) Vigo (19) Complutense Madrid (18). Con un índice-h igual a 17 se encuentran la Pública de Navarra, Rey Juan Carlos, Santiago de Compostela y Zaragoza. La Universidad de Extremadura pasa al segundo lugar en la clasificación por

departamentos debido a que, al desgranarse la Universidad del País Vasco en tres departamentos, éstos pasan a puestos inferiores (el mejor posicionado el Dpto. de Ingeniería Química con un índice-h de 19, que comparte con la Universidad de Vigo).

En la segunda toma de datos (citas recibidas hasta 2010), son escasas las variaciones, en relación a la primera toma de datos. Las 10 primeras universidades quedan distribuidas, por número total de cita recibidas hasta esa fecha, de la siguiente forma: Politécnica de Cataluña, Rovira i Virgili (pasa del tercer al segundo puesto), País Vasco (desciende un puesto), Vigo, Santiago y Complutense y Extremadura, Barcelona, Castilla-La Mancha (asciende un puesto) y Zaragoza que pasa a ocupar el décimo puesto. La Universidad Rey Juan Carlos ocupa, en las dos tomas de datos, el puesto número once. Sin embargo, la Universidad Pública de Navarra que, en la primera toma de datos ocupaba el puesto número 16 pasa a ocupar en este momento el 18.

Ordenadas las universidades por el índice-h obtenido por el conjunto de documentos, se obtiene el siguiente orden: País Vasco (36), Rovira i Virgili, que asciende un puesto (35), Politécnica de Cataluña (34) y Extremadura (32), que pasa al tercer puesto en la clasificación por departamentos. El 5º puesto lo comparten Complutense Madrid, Santiago de Compostela y Vigo (30). En 6º lugar se halla la Universidad de Zaragoza (28) y le siguen Castilla-La Mancha (27), Barcelona y Rey Juan Carlos (26) y Autónoma de Barcelona (24

- 43.- Respecto a la colaboración a nivel de universidades, los resultados muestra una universidad española bastante cohesionada en el área de la ingeniería química. Prácticamente todas las universidades, directa o indirectamente, se encuentran relacionadas. Los resultados muestran a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) con una posición privilegiada para controlar y difundir la información al resto de universidades. La Universidad Rovira y Virgili (URV) y la Complutense de Madrid (UCM) se muestran como universidades puente entre otras que nunca han colaborado entre sí. La metodología pone de manifiesto, además, la importancia de estar bien relacionado; prueba de ello, son las posiciones alcanzadas por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Universidad de Zaragoza (UZA), que aunque el número de colaboraciones no es muy alto, están muy bien relacionadas, gracias a sus colaboraciones con la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la UPV (Universidad del País Vasco).

También de cara al exterior, la UPC sigue siendo la universidad predominante dentro de la red, en todos sus aspectos de centralidad; es la que mayor número de colaboraciones presenta; es la universidad que se presenta como universidad puente entre otras universidades, y con mayor capacidad de colaboración. Otras universidades que también destacan, con una posición relevante dentro de la red social internacional, son la Universidad de Santiago de Compostela (USTC) y la Universidad de Castilla la Mancha (UCLM). Países como Inglaterra, Alemania, Francia y Estados Unidos son los preferidos en términos de colaboración por las universidades españolas. También destacan en la red internacional las colaboraciones con países latinoamericanos como México, Argentina y Cuba.

Se introduce en el análisis el índice-h alcanzado por cada una de las universidades, como indicador de la repercusión e impacto científico de su investigación. Las universidades con mayor visibilidad en términos de centralidad son también las que alcanzan un índice-h más elevado, la UPV, la UPC y la URV con un índice-h de 23, 21 y 21 respectivamente. En este aspecto, destaca la Universidad de Extremadura (UEX) con un índice-h de 20 (ocupando la posición cuarta), sin embargo esta universidad no destaca en términos de centralidad y además no pertenece a ninguno de los 21 grupos de colaboración detectados dentro de la red. Este dato, pone de manifiesto la importancia de este estudio como herramienta propiciadora para gestionar e incitar la colaboración científica entre universidades, así como detectar posibles fortalezas y debilidades de los grupos de investigación



UEx. Facultad de Biblioteconomía y Documentación. *Antiguo Hospital Militar*

## **CAPÍTULO VI. Referencias**





## 6. Referencias

- Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), (2005). Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería Química. [En línea]. Disponible en: [www.aneca.es/media/150264/libroblanco\\_ingquimica\\_def.pdf](http://www.aneca.es/media/150264/libroblanco_ingquimica_def.pdf). [Consulta: noviembre 2011]
- Álvarez, P. y Pulgarín, A. (1998). Equating research production in different scientific field. *Information Processing & Management*, 34(4): 465-470.
- American Institute of Chemical Engineers, The (AIChE), (1922). Report of the Committee of Chemical Engineering Education. AIChE, Nueva York.
- American Institute of Chemical Engineers, The (AIChE), (1961). Committee on dynamic objectives for Chemical Engineering. *Chem. Eng. Prog.*, 57, p 69.
- Amundson, N.R., et. al. (1988). (Committee on Chemical Engineering Frontiers: Research Needs and Opportunities), *Frontiers in Chemical Engineering. Research Needs and Opportunities*, N. Winchester y R. Price Eds., Washington D.C.: National Academy Press.
- Aris, R. (1977) Academic Chemical Engineering in an Historical Perspective. *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, 16, p1.
- Arunachalam, S. & Jinandra Doss, M. (2000). Science in a small country at a time of globalization: domestic and international collaboration in new biology research in Israel. *Journal of Information Science*. 26: 39-49.
- Asinov, I. (1988), The future of Chemical Engineering, *Chem. Eng. Prog.*, 84 (1), p. 83.
- Astarita, G. (1990), Frontiers in Chem. Engineering in 1992, *Chem. Eng. Prog.*, 86 (3), p. 55.
- Bandyopadhyay, A.K. (2001). "Authorship patterns in different disciplines". *Annals of Library and Information Studies*, vol. 48(4), pp.139-147.

- Basta, N. y Johnson, E. (2003). Chemicals Engineers are Back in High Demand, *Chem. Eng.*, 96, 22.
- Beaver, D. and Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration, Part. I. The professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics*, vol. 1(1), pp. 65-84.
- Beltrán Novillo, F.J. (2001). Evaluación de la actividad investigadora en Ingeniería Química. En: *XIX Jornadas de Ingeniería Química*. Santander, España, 6-7. Septiembre 2001 / organizadas por el Departamento de Ingeniería Química y Química Orgánica. [Santander]. Universidad de Cantabria, 2001. 151p. ISBN 84-699-5497-0.
- Barabasi, A.L.; Jeong, H.; Neda, Z.; Ravasz, E.; Schubert, A.; Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of the social network of scientific collaborations. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 311/3-4:590-614.
- Bloch, E. (1989), The role of Science and Technology in Shaping Tomorrow's Society, *Chem. Eng. Prog.*, 85 (8), p. 14.
- Bodman, S. (1991), Chemical Engineering in Today's Economy, *Chem. Eng. Progress*, 12, 21.
- Bordons, M. y Zulueta, M. A. (1999). Evolución de la actividad científica a través de los indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*. 52 (10): 790-800.
- Bordons, M. y Zulueta, M. A. (2002). La interdisciplinariedad en los grupos españoles de investigación en el área cardiovascular. *Revista Española de Cardiología*. 55(9): 900-912.
- Borgatti, S.P.; Everett, M.G. (1997). Network analysis of 2-mode data. *Social Networks*, v.19, p. 243-269.
- Briones, G.. Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. [En línea]. Disponible en: <http://contrasentido.net/wp-content/uploads/2007/08/modulo3.pdf> [consulta: junio 2010].
- Brookes, B.C. (1970). The growth, utility, and obsolescence of scientific periodical literature, *Journal of Documentation*, vol. 26(4), pp. 283-294.
- Buela-Casal, G. (2001). La psicología española y su proyección internacional. El problema del criterio: internacionalidad, calidad y castellano y/o inglés. *Papeles del Psicólogo*. 21: 53-57.
- Buela-Casal, G. (2002). La evaluación de la investigación científica: el criterio de la opinión de la mayoría, el factor de impacto, el factor de prestigio y «Los Diez

- Mandamientos» para incrementar las citas. *Análisis y Modificación de Conducta*, vol. 28, pp. 455-476.
- Buela-Casal, G. (2003). Evaluación de la calidad de los artículos y de las revistas científicas: Propuesta del factor de impacto ponderado y de un índice de calidad. [En línea]. *Psicothema*, vol. 15(1), pp. 23-35. Disponible en: <http://www.psicothema.com/psicothema.asp?ID=400> [consulta: Agosto 2011]
- Burton, R. E. (1959). Citations in American engineering journals: chemical engineering, *American Documentation*, vol.10, pp. 70.
- Burton, R.E. & Kebler, R.W. (1960). The "half-life" of Some Scientific and Technical Literatures", *American Documentation*, vol.11, pp. 18-22.
- Callon, M.; Courtical, J.P.; Penan, H. (1995). *Cienciometría: el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón: Trea.
- Campanario, J.M. ¿Qué importancia tienen los procesos de comunicación en ciencia? [En línea]. Disponible en: <http://www2.uah.es/jmc/> [consulta: enero, 2012]
- Campanario, J.M. El Factor de Impacto. [En línea]. Disponible en: <http://www2.uah.es/otrosweb/jmc> [consulta: enero, 2012]
- Capurro, Rafael (2007). Epistemología y ciencia de la información. *Enlace*, abr., vol.4, no.1, p.11-29. ISSN 1690-7515.
- Cathala, J. (1951), Le Genie Chimique, *Chem. Eng. Sci.*, 1(1), 1.
- Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). (2004). Indicadores de Producción Científica y Tecnológica de España (1996-2001). [En línea]. <http://www.cindoc.csic.es/investigacion/informes.html> [consulta: enero, 2012].
- Coca Prados, J. (2000), La ingeniería química en la interfase del siglo XXI, *Ingeniería Química*, (367), 135.
- Coca Prados, J. (2008). 40 años de ingeniería química en España: su evolución y retos de futuro. *Ingeniería Química*, abril, nº 458, pp. 88-92.
- Cocero, M.J. y Díez, J.M. (2000). Los orígenes de la ingeniería química. *Ingeniería Química*, 32 (372), pp. 173-181.
- Codina, Lluís (1995). Teoría de recuperación de información: modelos fundamentales y aplicaciones a la gestión documental. [en línea] *El Profesional de la Información*. Disponible en: [http://www.elprofesionalde lainformacion.com/contenidos/1995/octubre/teora\\_de\\_recuperacin\\_de\\_informacin\\_modelos\\_fundamentales\\_y\\_aplicaciones\\_a\\_la\\_gestin\\_documental.html](http://www.elprofesionalde lainformacion.com/contenidos/1995/octubre/teora_de_recuperacin_de_informacin_modelos_fundamentales_y_aplicaciones_a_la_gestin_documental.html) [consulta: enero, 2012]
- Coile, R.C. (1977). Lotka's frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 28(6), pp. 366-370.

- Cole, S. (1989). Citations and the evaluation of individual scientists. *Trends in Biochemical Sciences*, vol. 14(1), pp. 9-13.
- Comunidad de Madrid (2005). Proyecto de obtención de indicadores de producción científica de la Comunidad de Madrid. (PIPCYT) (1997-2002). [En línea] <http://www.madrimasd.org/queesmadrimasd/indicadores/regionales/bibliometricos/default.asp> [consulta: enero, 2012]
- Comunidad de Madrid. (2008). Proyecto de obtención de indicadores de producción científica de la Comunidad de Madrid (PIPCYT) (2000-2006). [En línea] <http://www.madrimasd.org/queesmadrimasd/indicadores/regionales/bibliometricos/default.asp> [consulta: enero, 2012]
- Corrales, J. (1999). Las tecnologías de la próxima década. *Ingeniería Química*, (356), 100.
- Costa, E. y col. (1983). *Ingeniería Química*. Vol. 1. Conceptos Generales. Madrid: Ediciones Alhambra.
- Crane, D. (1972). *Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Chen, L. and Zeyuan, L. (2006). International Mechanics Collaboration in 30 Countries. En *Proceedings International Workshop on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Seventh COLLNET Meeting*. Nancy (France): SRDI-INIST-CNRS, pp. 163-170.
- Chinchilla-Rodríguez, Z.; Moya-Anegón, F. (2007) La investigación científica española (1995-2002): una aproximación métrica. Granada: Universidad.
- Chun-Yang Yin (2009). Bibliometric analysis of journal articles published by Southeast Asian chemical engineering Researchers. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, vol.14(3), pp. 1-13.
- Chun-Yang Yin; Mohd Jindra Aris and Xi Chen (2010). Combination of Eigenfactor<sup>TM</sup> and h-index to evaluate scientific journals. *Scientometrics*, vol. 84, pp.639-648.
- Delgado López-Cózar, E. y Ruiz Pérez, R. (1995). A model for assessing compliance of scientific journals with international standards. *Libri*. 45: 145-159.
- Díaz, M. y col. (2001). El futuro de las revistas científicas españolas: un esfuerzo científico, social e institucional. *Revista Española de Documentación Científica*. 24 (3), pp. 306-314.
- Durrell, W.S. (1991), The Industrial Chemist of the 90's, *Chemtech*, 6, 332
- Eco, Umberto (1989). *Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura*. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A.

- Edgar, T.F. et al. (2006). Renovating the undergraduate process control course. *Computers and Chemical Engineering*. 30: 1749-1762..
- Escalona Fernández, M.I y col. (2010). Red social de colaboración de las universidades españolas con investigación en Ingeniería Química. *Investigación Bibliotecológica*, Vol.. 24, Núm. 51, mayo/agosto, México, ISSN: 0187-358X. pp. 173-194
- Escalona, M.I., y col. (2010). Web of Science vs. Scopus: un estudio cuantitativo en Ingeniería Química. *Anales de Documentación*, vol. 13, pp. 159-175.
- España. Ley Orgánica de Universidades 6/2001, de 21 de diciembre (BOE nº 307, de 24 de diciembre), modificada por la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril (BOE nº 89, de 13/4/2007).
- Fernández, M.T. et al. (1999). Difusión internacional de la investigación científica española en ciencia y tecnología en el periodo 1991-1996. *Arbor*. 162(7): 129-150..
- French, J. (1651). *The Art of Distillation*, London.
- Freshwater, D.C. & Davis, G.E. (1980). Norman Swindin and the Empirical Tradition in Chemical Engineering, en W.F. Furter Ed., "History of Chemical Engineering", *ACS Series 190*, American Chemical Society, Washington D.C.
- Furter, W.F. (1980). History of chemical engineering: based on a symposium cosponsored by the ACS Divisions of History of Chemistry and Industrial and Engineering Chemistry at the ACS/CSJ Chemical Congress, Honolulu, Hawaii, April 2-6, 1979. Washington: American Chemical Society, ISBN 0-8412-512-4.
- Garfield, E. (1955). Citation Indexes for sciences. *Science*, vol. 122(3159), pp. 108-111. [Reimpreso en: *Essays of an Information Scientists*, 1983, 6: 468-471].
- Garfield, E. (1975) Journal Citation Studies 21, Engineering Journals, *Current Contents*, 27 (July 7) 5-10.
- Glänzel, W. (2001). National Characteristics in International Scientific Co- Authorship Relations. *Scientometrics*, vol. 51(1), pp. 69-115.
- Gómez Caridad, I. y Bordons Mangas, M. (1996). Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica. *Política Científica*, vol. 46, pp. 21-26.
- González Lena, M.A. (2011). *La Ingeniería Química. Proyecto Docente e Investigador*. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- González Montero, T. (2002). *La Ingeniería Química como disciplina. Proyecto Docente*. Badajoz: Universidad de Extremadura.

- Gorbea Portal, S. (2007). Principales revistas latinoamericanas en ciencias bibliotecológica y de la información: su difusión y su concentración temática y geográfica. *Investigación Bibliotecológica*, vol. 21, n. 42.
- Griffith, B. C. Ed. (1980). Key papers in information science. New York: Knowledge Industry Publ.
- Harrison, A. L. (2006). Who's who in Conservation biology - an authorship analysis. *Conservation Biology*, vol. 20(3), pp. 652-657.
- Hou, H.; Kretschmer, H. & Liu, Z. (2008). The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. *Scientometrics*, vol. 75(2), pp.189-202.
- Hulme, E.W. (1923). Statistical bibliography in relation to the growth of modern civilization. London: Grafton.
- Institution of Chemical Engineers, The (1981), Proceedings of First International Symposium on Chemical Engineering Education, *IChE Symp. Ser.*, 70.
- Institution of Chemical Engineers, The (1987). Proceedings of Second International Conference on Chemical Engineering Education, *IChE Symp. Ser.*, 101.
- Jiménez Contreras, E. (1992). Las revistas científicas: El centro y la periferia. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 15(2): 174-182.
- Jiménez Contreras, E. et al., (2006). Producción Científica en Biblioteconomía y Documentación con visibilidad internacional. *El Profesional de la información*, vol. 15(5): 373-38
- Katz, J.S.; Martin, B.R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, vol. 26(1), pp. 1-18.
- Lagar Barbosa, P. y Pulgarín, A. (2006). Fuentes primarias nacionales de ingeniería química en España (I). Campos, disciplinas y revistas potenciales. *Ingeniería Química*, (Madrid) vol. 442, diciembre, nº 38, pp. 142-146.
- Lagar Barbosa, P. y Pulgarín, A. (2007). Fuentes primarias nacionales de ingeniería química en España (y II). Producción científica". *Ingeniería Química*, (Madrid) enero, vol. 443, nº 39, pp. 167-174.
- Legarreta, J.A. y Hoover, L.H. (1986), La Ingeniería Química: Profesión y Docencia, *Ingeniería Química*, (Madrid) (206), p.171.
- Letort, M. (1961), La Genie Chimique, *Gen. Chim.*, 86 (3), pp. 53-63.
- Lewison, G.; Cunningham, P. (1991). Bibliometric Studies for the Evaluation of Trans-National Research. *Scientometrics*, vol. 21(2), pp. 223-244.
- Lindsey, D. (1982). Futher evidence for adjusting for multiple authorship, *Scienctometrics*, vol. 4, pp. 389-395.

- López Mateos, F. (1999), La industria química en el tercer decenio de la Ingeniería Químicas, *Ingeniería Química*, (Madrid) (361), p. 157.
- López Piñero, J. M.; Terrada, M. L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. III, Los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión. *Medicina Clínica*, 98, 142-148, 1992.
- López Piñero, J.M. y Terrada, M.L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I) Usos y abusos de la bibliometría. *Medicina Clínica* (Barcelona), vol. 98, pp. 64-68.
- López Yepes, J. (1989). Introducción a las técnicas de investigación científica., Estudios de Biblioteconomía y Documentación (Papeles de Documentación, nº 1). Murcia: Universidad de Murcia
- López Yepes, J. (2007). El nuevo profesional de la información del conocimiento y de la comunicación. El bibliotecario universitario. *Anales de Documentación*; nº 10, pp. 263-279.
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, vol. 16(2), pp. 317-323.
- Maltrás Barba, B. (2003) Los indicadores bibliométricos. Fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia. Gijón: Ediciones Trea.
- Mashelkar, R.A., (1991). Seamless Chemical Engineering Science: the Emerging Paradigm, *Chem. Eng. Sci.*, 50, 1.
- Milman, B. L. y Gavrilova, Y. A. (1993). Analysis of citation and co-citation in chemical engineering. *Scientometrics*. 27: 53.74.
- Milman, B.L. (1994). Individual co-citation clusters as nuclei of complete and dynamic informetric models of scientific and technological areas, *Scientometrics*, vol. 31, pp. 45-57.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte: <http://www.educacion.gob.es>
- Moed, H.F. (1985). The use of bibliometric data for measurement of university research performance. *Research Policy* 14:131-149. (Citado en: Pacheco Mendoza, MV y Milanés Guisado, Y. Evaluación de la ciencias y los estudios bibliométricos. SIRIVS. [En línea]. Disponible en: [http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/evaluacion\\_de\\_la\\_ciencia.pdf](http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/evaluacion_de_la_ciencia.pdf) [consulta en: noviembre 2011].
- Moed H.F. & van Leeuwen, T.N. (1995). Improving the accuracy of Institute for Scientific Information's Journal Impact Factors. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 46, pp. 461-467.



- Moed, H.F. (2002). The impact factors debate: the ISI's uses and limits. *Nature*, vol. 415, pp. 731-732.
- Moravcsik, M.J. (1985). The assessment of scientific output. Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector. París 10-13. Junio 1985. OECD-DSTI/SPR/85, 2407.
- Morlacchi, P.; Wilkinson, I. F.; Young, L. (2004). Social networks of researchers in business to business marketig: A case study of the IMP Group 1984-1999". En SPRU Electronic Working Paper Series. University of Sussex, UK: The Freeman Centre, paper nº 116, pp. 1-42.
- Morillo, M. (2000). Estudio de la interdisciplinariedad en la ciencia a través de indicadores bibliométricos. Tesis Doctoral. Getafe (Madrid): Universidad Carlos III.
- Narin, F.; Stevens, K. & Whitlow, E. S. (1991). Scientific Cooperation in Europe and the Citation of Multinationally Authored. Papers. *Scientometrics*, vol. 21(3), pp. 313-323.
- Nelson, M.J. & Tague, J.M. (1985). Split size-rank models for the distribution of index terms. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 36(5), pp. 283-296.
- Nicholls, P. T. (1989). Bibliometric modeling processes and the empirical validity of Lotka's law. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 40(6), pp. 379-385.
- Ochoa Henrique, H. (2004). Visibilidad: El Reto de las revistas científicas latinoamericanas. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*. [en línea], vol. 20(43), pp.131-138. <http://www.scielo.org.ve/>
- Oscá-Lluch, J. y col. (2003). La producción científica de la Comunidad Valenciana. *Revista Valencia d'Estudis Autonòmics*. 38: 193-303.
- Pao, M.L. (1985). Lotka's law: a testing procedure. *Information Processing & Management*, vol. 21(4), pp. 305-320.
- Peñaranda Ortega, M. y col. (2006). Los "Small Worlds" y el algoritmo de Floyd: una manera de estudiar la colaboración científica. *Psicothema*. 18(19): 78-83.
- Peppas, N.A. (1989). One Hundred Years of Chemical Engineering. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Peters, H. P. F.; Hartmann, D.; Van Raan, A. F. J. (1988). Monitoring Advances in Chemical Engineering. *Informetrics*, 87/88.
- Peters, H. P. F.; Van Raan, A. F. J. (1991). Structuring scientific activities by co-author analysis. *Scientometrics*. 20: 235.255.



- Peters, H. P. F. & Van Raan, A. F. J. (1994a). A bibliometric profile of top scientists: a case study in chemical engineering. *Scientometrics*, 29: 115-136.
- Peters, H.P.F. & Van Raan, A.F.J. (1994b). On determinants of citation scores: a case study in chemical engineering. *Journal of the American Society for Information Science*. 45: 39-49.
- Peters, H.P. F., Braam, R. R., Van Raan, A. F. J. (1995). Cognitive resemblance and citation relations in chemical engineering publications. *Journal of the American Society for Information Science*. 46: 9-21.
- Pratt, Allan D. (1977). A measure of class concentration in Bibliometrics. *JASIS*
- Price, D. J. de Solla (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.
- Price, D. J. de Solla & Beaver, D. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, vol. 21(11), pp. 1011-1018.
- Price, D. J. de Solla (1970). *Citation measures of hard science, soft science, technology, and non-science*. En: C. Nelson and D.K (Eds.), *Communication among scientist and engineers*.
- Price, D.J. de Solla (1971). Some remarks on elitism in information and the invisible college phenomenon in science. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 22(2), pp. 74-75.
- Price, D.J.S. (1986). *Little science, big science and beyond*. Nueva York: Columbia University Press.
- Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, vol. 25(4), pp. 348-349
- Pulgarín, A. et al. (2003). Estudio bibliométrico de la producción científica y tecnológica de la Universidad de Extremadura: análisis de la difusión alcanzada en Bases de datos internacionales, periodo 1991-2000. Cáceres: Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones 527 p. ISBN: 84-7723-566-X.
- Pulgarín, A. y col. (2004). Estudio bibliométrico de la producción científica de la Universidad de Extremadura: análisis de la difusión alcanzada en bases de datos nacionales. Período 1974-2001. Cáceres: Universidad de Extremadura.
- Pulgarín, A. y Gil-Leiva, I. (2004). Bibliometric analysis of the automatic indexing literature: 1956-2000. *Information Processing Management*, vol. 40, 365-375.
- Pulgarín, A. y col. (2010). Colaboración científica de la ingeniería química en las universidades españolas *Revista General de Información y Documentación*, vol. 20 (2010) 101-113.

- Ramkrishna y col., (1989), Chemical Engineering Curricula for the future: Syniopsis of Proceedings of an USA-India Conference, *Chem. Eng. Education*, 23 (3), p. 188.
- Rasine, L. (1990), Ciencia y Tecnología Químicas: Necesidades Europeas para los años 90, *Química e Industria*, 38, p.637.
- Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española. [En línea]. Disponible en: <http://www.rae.es>
- Rodríguez Yunta, L. (2001). Bases de datos documentales: estructura y uso. En: Maldonado, Ángeles (coord.). La información especializada en Internet. Madrid: CINDOC.
- Rosal, R. ¿Qué es la Ingeniería Química?. [En línea] Disponible en: <http://www2.uah.es/rosal/> [consulta: noviembre, 2011]
- Rousseau, R. (2001). Indicadores bibliométricos y econométricos de la evaluación de instituciones científicas. [En línea]. ACIMED. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/5164/1/sci08100.pdf> [consulta: noviembre 2011]
- Ruíz-Pérez, R.; Delgado López-Cózar, E. y Jiménez-Contreras, E. (2006). Criterios del *Institute for Scientific Information* para la selección de revistas científicas. Su aplicación a las revistas españolas: Metodología e indicadores. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, vol. 6.
- Sabino, C., (1992). El proceso de investigación. [En línea]. <http://masterusal.campus-online.org/Archivos/tic/Procinvest.pdf> [consulta: enero 2012]
- Salgado, J. F. y Páez, D. (2007). La producción científica y el índice h de Hirsch de la psicología española: convergencia entre indicadores de productividad y comparación con otras áreas. *Psicothema*. 19(2): 179-189.
- Salvador Olivan, J. A. y Arquero Avilés, R. (2006). Una aproximación al concepto de recuperación de información en el marco de la ciencia de la documentación. *Investig. Bibl* [En línea]. vol. 20, n.41, pp. 13-43. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-358X2006000200002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2006000200002&lng=es&nrm=iso) [consulta: septiembre 2011]
- Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*. 13(3-4): 842-865.
- Sanz Casado, E. (1994). Manual de estudios de usuarios. Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez (Biblioteca del libro, nº 62).

- Sanz Casado, E. y Martín Moreno, C. (1997). Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación*. 7(2): 41-68.
- Sanz Casado, E. y col., (1999). La investigación española en Economía a través de las publicaciones nacionales e internacionales en el período 1990-1995. *Revista de Economía Aplicada*. VIII (20): 113-117.
- Sanz Casado, E. (2000). Proyecto de Bibliometría. Getafe: Universidad Carlos III de Madrid.
- Sanz Casado, E. y col. (2002). Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en ciencias químicas. *Revista Española de Documentación Científica*. 25, 4.
- Scriven, L.E. (1987). The role of past, current and future technologies in Chemical Engineering. *Chem. Eng. Prog.*, 83 (12), p. 65.
- Sedlacek, J., Rysavy, P. & Kopecky, V. (1984). Statistical analysis of information sources in the field of chemical engineering, *Technicka Knihovna*, vol. 28, pp. 329-340.
- Seglen, P.O (1989). From bad to worse: Evaluation by journal impact. *Trends in Biochemical Science*, vol. 14, pp. 326-327.
- Serra, E. y Ceña, M (2004). Las competencias profesionales del bibliotecario documentalista en el siglo XXI. XV Jornadas Asociación de Bibliotecarios y Bibliotecas de Arquitectura, Construcción y Urbanismo. Barcelona.
- Shama, G. et al. (2000) Citation Footprint Analysis. Part I: UK and US chemical engineering academics. *Scientometrics*. 39(2): 289-305
- Shinnar, R. (1991). The future of Chemical Engineering, *Chem. Eng. Prog.*, 87 (9), p. 80.
- Singer, C., Holmyard, E.J. and Hall, A.P. (1955), *History of Technology*. Londres: Clarendon Press.
- Software for Social Network Analysis. Disponible en:  
[http://www.analytictech.com/ucinet\\_5\\_description.htm](http://www.analytictech.com/ucinet_5_description.htm)
- Sonnenwald, D.H., (2007). Scientific Collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology*, vol. 41, pp. 643-681.
- Spinak, E. (1996). Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría. Caracas: UNESCO-CII/II.
- Spinak, E. (1998). Indicadores cienciométricos. *Ci. Inf.* vol. 27(.2).
- SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA.

- Sternberg, R.J. (2001). Where was it published? [En línea]. *Observer*, vol. 14(3).  
Disponible en: <http://www.psychologicalscience.org/observer/1001/published.html>
- Subramanyam, K.; Sthephens, E.M. (1982). "Research collaboration and funding in Biochemistry and Chemical Engineering". *International Forum for Information and Documentation*, 7/4:26-29.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *Diccionario de la investigación científica*, 2ª ed. México: Limusa. 172 p. ISBN 978-968-18-6510-8
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *Diccionario de la investigación científica*, 2ª ed., Limusa, México. 2004. 172 p. ISBN 978-968-18-6510-8
- Tamayo y Tamayo, M. La interdisciplinariedad. [En línea]. Colombia; ICESI [s/f]  
Disponible en:  
[http://www.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/5342/1/interdisciplinari edad.pdf](http://www.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/5342/1/interdisciplinari edad.pdf) [consulta: noviembre 2011]
- Tapias, H. (1999). Ingeniería Química: escenario futuro y dos nuevos paradigmas, *Ingeniería Química*, (España) (159), p. 179.
- Thomson Reuters Corporation. ISI Web Knowledge [En línea]. Disponible en: <http://science.thomsonreuters.com/es/productos/wok/> [consulta: enero 2012]
- Thomson Reuters Corporation. Journal Selection Process (2011), [En línea].  
Disponible en:  
[http://www.thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/journal\\_selection\\_process](http://www.thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/journal_selection_process) [consulta: enero 2012]
- Van Raan, A.F.J. (1998). In matters of quantitative studies of science the fault of theorists is offering too little and asking too much. *Scientometrics*, vol. 43(1), pp. 129-139.
- Vian, A. (1968) La Química Técnica como Enseñanza Universitaria. *Química e Industria*, 15, p. 73.
- Vlachý, J. (1980). Evaluating the distribution of individual performance. *Scientia Yugoslavica*. vol. 6(1-4), pp. 267-275.
- Yablonski, A.I. (1980). On fundamental regularities of the distribution of scientific productivity. *Scientometrics*, vol. 2(1), pp.3-34.
- Yuanqing Zhu, Ming-Huang Wang & Yuh-Shan Ho (2011). An analysis of research activity in department of chemical engineering in USA. *Arch. Environ. Sci.* 5, 62-70 62
- Zulueta, M. A., Cabrero, A.; Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 23 (3), pp. 333-347.



UEX. Facultad de Ciencias. Vistas Ed. de Matemáticas, *camino al aula*

## Anexos



## Anexo I. Distribución de referencias por año

Años	nº ref	Acum	%	∑%	Años	nº ref	Acum	%	∑%
2006	358	358	1,56	1,56	1950	8	22814	0,03	99,33
2005	1338	1696	5,83	7,38	1949	10	22824	0,04	99,37
2004	1922	3618	8,37	15,75	1948	21	22845	0,09	99,46
2003	1928	5546	8,39	24,15	1947	6	22851	0,03	99,49
2002	1827	7373	7,95	32,1	1946	9	22860	0,04	99,53
2001	1697	9070	7,39	39,49	1945	3	22863	0,01	99,54
2000	1628	10698	7,09	46,58	1944	3	22866	0,01	99,55
1999	1472	12170	6,41	52,98	1943	5	22871	0,02	99,57
1998	1222	13392	5,32	58,3	1942	5	22876	0,02	99,6
1997	1162	14554	5,06	63,36	1941	5	22881	0,02	99,62
1996	974	15528	4,24	67,6	1940	4	22885	0,02	99,63
1995	801	16329	3,49	71,09	1939	6	22891	0,03	99,66
1994	678	17007	2,95	74,04	1938	9	22900	0,04	99,7
1993	603	17610	2,63	76,67	1937	0	22900	0	99,7
1992	538	18148	2,34	79,01	1936	4	22904	0,02	99,72
1991	484	18632	2,11	81,12	1935	8	22912	0,03	99,75
1990	378	19010	1,65	82,76	1934	6	22918	0,03	99,78
1989	345	19355	1,5	84,27	1933	0	22918	0	99,78
1988	260	19615	1,13	85,4	1932	3	22921	0,01	99,79
1987	250	19865	1,09	86,49	1931	5	22926	0,02	99,81
1986	278	20143	1,21	87,7	1930	2	22928	0,01	99,82
1985	253	20396	1,1	88,8	1929	2	22930	0,01	99,83
1984	243	20639	1,06	89,86	1928	1	22931	0	99,83
1983	202	20841	0,88	90,74	1927	2	22933	0,01	99,84
1982	165	21006	0,72	91,45	1926	1	22934	0	99,85
1981	171	21177	0,74	92,2	1925	3	22937	0,01	99,86
1980	148	21325	0,64	92,84	1924	2	22939	0,01	99,87
1979	129	21454	0,56	93,4	1923	2	22941	0,01	99,88
1978	128	21582	0,56	93,96	1922	1	22942	0	99,88
1977	112	21694	0,49	94,45	1921	2	22944	0,01	99,89
1976	100	21794	0,44	94,88	1920	1	22945	0	99,9
1975	92	21886	0,4	95,28	1919	0	22945	0	99,9
1974	81	21967	0,35	95,64	1918	0	22945	0	99,9
1973	74	22041	0,32	95,96	1917	3	22948	0,01	99,91
1972	74	22115	0,32	96,28	1916	0	22948	0	99,91
1971	50	22165	0,22	96,5	1915	3	22951	0,01	99,92
1970	55	22220	0,24	96,74	1914	0	22951	0	99,92
1969	71	22291	0,31	97,05	1913	0	22951	0	99,92
1968	57	22348	0,25	97,3	1912	0	22951	0	99,92
1967	50	22398	0,22	97,51	1911	1	22952	0	99,93
1966	24	22422	0,1	97,62	1910	4	22956	0,02	99,94
1965	56	22478	0,24	97,86	1909	2	22958	0,01	99,95

## Anexo I. Distribución de referencias por año

Años	nº ref	Acum	%	$\Sigma\%$	Años	nº ref	Acum	%	$\Sigma\%$
1964	24	22502	0,1	97,97	1908	0	22958	0	99,95
1963	36	22538	0,16	98,12	1907	2	22960	0,01	99,96
1962	25	22563	0,11	98,23	1906	1	22961	0	99,97
1961	28	22591	0,12	98,35	1905	0	22961	0	99,97
1960	22	22613	0,1	98,45	1904	0	22961	0	99,97
1959	29	22642	0,13	98,58	1903	0	22961	0	99,97
1958	23	22665	0,1	98,68	1902	1	22962	0	99,97
1957	20	22685	0,09	98,76	1901	0	22962	0	99,97
1956	17	22702	0,07	98,84	1895	3	22965	0,01	99,98
1955	28	22730	0,12	98,96	1894	1	22966	0	99,99
1954	15	22745	0,07	99,02	1893	1	22967	0	99,99
1953	17	22762	0,07	99,1	1883	2	22969	0,01	100
1952	23	22785	0,1	99,2	Total	22969			
1951	21	22806	0,09	99,29					



## Anexo II. Fuentes referenciadas

Título de la Revista	NDoc	%	Σ%
INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	628	2,806	2,81
WATER RESEARCH	452	2,02	4,83
CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE	383	1,711	6,54
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	307	1,372	7,91
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	300	1,341	9,25
AICHE JOURNAL	283	1,265	10,51
CATALYSIS TODAY	257	1,148	11,66
JOURNAL OF CATALYSIS	254	1,135	12,8
BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING	252	1,126	13,92
JOURNAL OF CHEMICAL AND ENGINEERING DATA	251	1,122	15,05
APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL	231	1,032	16,08
JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	231	1,032	17,11
JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE	230	1,028	18,14
BIORESOURCE TECHNOLOGY	221	0,988	19,13
MACROMOLECULES	206	0,921	20,05
JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY	205	0,916	20,96
LANGMUIR	204	0,912	21,87
POLYMER	202	0,903	22,78
APPLIED CATALYSIS A-GENERAL	186	0,831	23,61
ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	183	0,818	24,42
CHEMOSPHERE	179	0,8	25,22
JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	170	0,76	25,98
ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY	156	0,697	26,68
PROCESS BIOCHEMISTRY	148	0,661	27,34
APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	147	0,657	28
FUEL	126	0,563	28,56
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	124	0,554	29,12
CARBON	123	0,55	29,67
JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE	123	0,55	30,22
JOURNAL OF FOOD ENGINEERING	118	0,527	30,74
APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	115	0,514	31,26
JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY	110	0,492	31,75
JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY A	109	0,487	32,24
FLUID PHASE EQUILIBRIA	105	0,469	32,7
NATURE	103	0,46	33,17
ANALYTICAL CHEMISTRY	102	0,456	33,62
JOURNAL OF THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY	102	0,456	34,08
BIOTECHNOLOGY LETTERS	100	0,447	34,52
CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	97	0,433	34,96
JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	97	0,433	35,39
JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS	97	0,433	35,82
JOURNAL OF POLYMER SCIENCE PART A-POLYMER CHEMISTRY	96	0,429	36,25
DESALINATION	90	0,402	36,65
JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS	90	0,402	37,06
POLYMER DEGRADATION AND STABILITY	90	0,402	37,46
COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING	89	0,398	37,86
CORROSION	89	0,398	38,25
ELECTROCHIMICA ACTA	88	0,393	38,65
JOURNAL OF ELECTROANALYTICAL CHEMISTRY	88	0,393	39,04
SEPARATION AND PURIFICATION METHODS	88	0,393	39,43
	<b>8.825</b>		



## Anexo III. Distribución de la productividad de los autores

NDoc=x	Autores=y	x·y	%y	∑(%y)	% doc	∑(% doc)	Log x
1	2712	2712	51,77	51,77	13,80	13,80	0,00
2	814	1628	15,54	67,30	8,28	22,08	0,30
3	423	1269	8,07	75,38	6,46	28,53	0,48
4	246	984	4,70	80,07	5,01	33,54	0,60
5	182	910	3,47	83,55	4,63	38,17	0,70
6	156	936	2,98	86,52	4,76	42,93	0,78
7	118	826	2,25	88,78	4,20	47,13	0,85
8	83	664	1,58	90,36	3,38	50,51	0,90
9	56	504	1,07	91,43	2,56	53,07	0,95
10	41	410	0,78	92,21	2,09	55,16	1,00
11	43	473	0,82	93,03	2,41	57,56	1,04
12	40	480	0,76	93,80	2,44	60,00	1,08
13	35	455	0,67	94,46	2,31	62,32	1,11
14	26	364	0,50	94,96	1,85	64,17	1,15
15	17	255	0,32	95,29	1,30	65,47	1,18
16	20	320	0,38	95,67	1,63	67,09	1,20
17	28	476	0,53	96,20	2,42	69,52	1,23
18	27	486	0,52	96,72	2,47	71,99	1,26
19	18	342	0,34	97,06	1,74	73,73	1,28
20	12	240	0,23	97,29	1,22	74,95	1,30
21	10	210	0,19	97,48	1,07	76,02	1,32
22	5	110	0,10	97,58	0,56	76,58	1,34
23	15	345	0,29	97,86	1,75	78,33	1,36
24	11	264	0,21	98,07	1,34	79,67	1,38
25	7	175	0,13	98,21	0,89	80,56	1,40
26	6	156	0,11	98,32	0,79	81,36	1,41
27	6	162	0,11	98,43	0,82	82,18	1,43
28	6	168	0,11	98,55	0,85	83,04	1,45
29	4	116	0,08	98,63	0,59	83,63	1,46
30	7	210	0,13	98,76	1,07	84,69	1,48
31	5	155	0,10	98,85	0,79	85,48	1,49
32	2	64	0,04	98,89	0,33	85,81	1,51
33	5	165	0,10	98,99	0,84	86,65	1,52
34	5	170	0,10	99,08	0,86	87,51	1,53
35	4	140	0,08	99,16	0,71	88,22	1,54
36	1	36	0,02	99,18	0,18	88,41	1,56
37	3	111	0,06	99,24	0,56	88,97	1,57
38	4	152	0,08	99,31	0,77	89,75	1,58
40	3	120	0,06	99,37	0,61	90,36	1,60
41	4	164	0,08	99,45	0,83	91,19	1,61
42	3	126	0,06	99,50	0,64	91,83	1,62
45	1	45	0,02	99,52	0,23	92,06	1,65

## Anexo III. Distribución de la productividad de los autores

<b>NDoc=x</b>	<b>Autores=y</b>	<b>x·y</b>	<b>%y</b>	<b>∑(%y)</b>	<b>% doc</b>	<b>∑(% doc)</b>	<b>Log x</b>
46	1	46	0,02	99,54	0,23	92,29	1,66
47	2	94	0,04	99,58	0,48	92,77	1,67
48	1	48	0,02	99,60	0,24	93,02	1,68
49	1	49	0,02	99,62	0,25	93,27	1,69
52	2	104	0,04	99,66	0,53	93,79	1,72
53	1	53	0,02	99,68	0,27	94,06	1,72
54	1	54	0,02	99,69	0,27	94,34	1,73
57	2	114	0,04	99,73	0,58	94,92	1,76
58	1	58	0,02	99,75	0,30	95,21	1,76
60	2	120	0,04	99,79	0,61	95,82	1,78
61	1	61	0,02	99,81	0,31	96,13	1,79
63	1	63	0,02	99,83	0,32	96,45	1,80
65	1	65	0,02	99,85	0,33	96,79	1,81
66	1	66	0,02	99,87	0,34	97,12	1,82
71	1	71	0,02	99,89	0,36	97,48	1,85
72	1	72	0,02	99,90	0,37	97,85	1,86
73	1	73	0,02	99,92	0,37	98,22	1,86
79	1	79	0,02	99,94	0,40	98,62	1,90
82	1	82	0,02	99,96	0,42	99,04	1,91
87	1	87	0,02	99,98	0,44	99,48	1,94
102	1	102	0,02	100,00	0,52	100,00	2,01
<b>2254</b>	<b>5239</b>	<b>19659</b>	<b>100,00</b>		100,00		

## Anexo IV. Universidades de origen de los grandes productores

Puesto	NDoc	Universidad/Dpto.	CCAA
17	52	Almería	Andalucía
26	38	Córdoba	Andalucía
34	30	Granada	Andalucía
17	52	Huelva	Andalucía
34	30	Huelva	Andalucía
14	57	Sevilla (IQ***)	Andalucía
23	42	Sevilla (IQ***)	Andalucía
33	31	Sevilla (IQ***)	Andalucía
8	66	Zaragoza	Aragón
20	47	Zaragoza	Aragón
29	35	Zaragoza	Aragón
13	58	Oviedo	Asturias
18	49	Oviedo	Asturias
23	42	Oviedo	Asturias
25	40	Oviedo	Asturias
31	33	Cantabria	Cantabria
9	65	Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha
11	61	Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha
24	41	Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha
27	37	Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha
28	36	Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha
34	30	Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha
34	30	Valladolid	Castilla-León
33	31	Autónoma de Barcelona	Cataluña
34	30	Barcelona	Cataluña
24	41	Lérida	Cataluña
1	102	Politécnica Cataluña	Cataluña
2	87	Politécnica Cataluña	Cataluña
15	54	Politécnica Cataluña	Cataluña
16	53	Politécnica Cataluña	Cataluña
24	41	Politécnica Cataluña	Cataluña
29	35	Politécnica Cataluña	Cataluña
30	34	Politécnica Cataluña	Cataluña
32	32	Politécnica Cataluña	Cataluña
33	31	Politécnica Cataluña	Cataluña
27	37	Rovira i Virgili	Cataluña
27	37	Rovira i Virgili	Cataluña
30	34	Rovira i Virgili	Cataluña
7	71	Extremadura	Extremadura
14	57	Extremadura	Extremadura

## Anexo IV. Universidades de origen de los grandes productores

Puesto	NDoc	Universidad/Dpto.	CCAA
31	33	Extremadura	Extremadura
31	33	Extremadura	Extremadura
31	33	Extremadura	Extremadura
34	30	Extremadura	Extremadura
5	73	Santiago de Compostela	Galicia
21	46	Santiago de Compostela	Galicia
29	35	Santiago de Compostela	Galicia
30	34	Santiago de Compostela	Galicia
32	32	Santiago de Compostela	Galicia
33	31	Santiago de Compostela	Galicia
34	30	Santiago de Compostela	Galicia
4	79	Vigo	Galicia
10	63	Vigo	Galicia
12	60	Vigo	Galicia
20	47	Vigo	Galicia
24	41	Vigo	Galicia
26	38	Vigo	Galicia
23	42	Complutense	Madrid
29	35	Rey Juan Carlos	Madrid
31	33	Rey Juan Carlos	Madrid
33	31	Rey Juan Carlos	Madrid
12	60	País Vasco (IQ***)	País Vasco
19	48	País Vasco (IQ***)	País Vasco
25	40	País Vasco (IQ***)	País Vasco
26	38	País Vasco (IQ***)	País Vasco
30	34	País Vasco (IQ***)	País Vasco
6	72	País Vasco (IQyA**)	País Vasco
3	82	País Vasco (QA*)	País Vasco
25	40	País Vasco (QA*)	País Vasco
22	45	Alicante	Valencia
26	38	Alicante	Valencia
30	34	Alicante	Valencia
* Química Aplicada ** Ingeniería Química Ambiental *** Ingeniería Química			

## Anexo VI. Distribución anual de las fuentes donde se publicaron los documentos, dispuestos en orden decreciente de productividad

Revistas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	n	Σn	%	Σ%	Prom	cit'08	cit'11	Cit/Doc '08	Cit/Doc 11	1/2 REF	Ic
Industrial & Engineering Chemistry Research	26	38	42	34	39	58	46	283	283	6,09	6,09	40,43	1887	3980	6,67	14,06	30,82	4,09
Journal of Chemical and Engineering data	17	30	17	13	20	11	26	134	417	2,88	8,97	19,14	655	1386	4,89	10,34	17,93	3,77
Journal of Chemical Technology and Biotechnology	15	13	17	15	19	19	14	112	529	2,41	11,38	16,00	532	1206	4,75	10,77	27,05	3,90
Water Science and Technology	18	19	7	19	12	11	20	106	635	2,28	13,66	15,14	461	936	4,35	8,83	14,57	4,58
Desalination	4	7	15	8	6	20	40	100	735	2,15	15,81	14,29	313	800	3,13	8,00	10,40	4,32
Afinidad	16	13	23	12	13	16	5	98	833	2,11	17,92	14,00	60	109	0,61	1,11	24,50	3,89
Water Research	8	11	11	13	13	20	6	82	915	1,76	19,69	11,71	1341	3192	16,35	38,93	29,40	4,15
Applied CatalysisB-Environmental	8	12	7	12	10	8	21	78	993	1,68	21,36	11,14	1197	2691	15,35	34,50	38,54	4,62
Process Biochemistry	7	11	12	7	11	14	8	70	1063	1,51	22,87	10,00	630	1621	9,00	23,16	26,83	4,24
Catalysis Today	12	8	8	5	4	23	9	69	1132	1,48	24,35	9,86	723	1440	10,48	20,87	25,32	4,72
Applied Catalysis A-General	6	8	4	8	15	10	14	65	1197	1,4	25,75	9,29	533	1232	8,20	18,95	33,74	4,69
Chemical Engineering Science	6	8	9	6	6	10	17	62	1259	1,33	27,09	8,86	359	824	5,79	13,29	33,60	4,06
Fluid Phase Equilibria	10	6	7	5	10	15	9	62	1321	1,33	28,42	8,86	296	571	4,77	9,21	22,77	4,90
Journal of Applied Polymer Science	8	10	6	4	6	7	21	62	1383	1,33	29,75	8,86	229	495	3,69	7,98	26,95	4,47
Journal of Food Engineering	6	6	10	8	8	13	11	62	1445	1,33	31,09	8,86	406	951	6,55	15,34	26,27	3,87
Journal of Hazardous Materials	9	6	3	5	6	5	28	62	1507	1,33	32,42	8,86	356	1160	5,74	18,71	25,37	4,02
Journal of analytical and Applied pyrolysis		17	4	13	3	20	4	61	1568	1,31	33,73	8,71	574	1102	9,41	18,07	25,67	3,98
Polymer	12	12	7	13	5	5	6	60	1628	1,29	35,03	8,57	450	771	7,50	12,85	23,33	4,23
Chemosphere	3	5	3	8	13	14	13	59	1687	1,27	36,3	8,43	469	1299	7,95	22,02	26,05	3,98
Chemical Engineering Journal	3	4	10	7	7	10	15	56	1743	1,2	37,5	8,00	263	787	4,70	14,05	30,30	3,77
Journal of Membrane Science	5	1	7	4	9	11	18	55	1798	1,18	38,68	7,86	355	833	6,45	15,15	26,29	4,35
Bioresource Technology	7	9	6	8	5	7	4	46	1844	0,99	39,67	6,57	622	1628	13,52	35,39	26,00	4,35
Enzyme and Microbial Technology	8	7	8	3	7	6	7	46	1890	0,99	40,66	6,57	459	906	9,98	19,70	28,87	4,17
Aiche Journal	4	3	4	5	6	7	14	43	1933	0,93	41,59	6,14	232	544	5,40	12,65	37,63	3,93
Energy & fuels	5	2	9	2	7	8	9	42	1975	0,9	42,49	6,00	279	698	6,64	16,62	29,52	3,98
Journal of Polymer Science part A-Polymer Chemistry	7	8	8	4	5	6	4	42	2017	0,9	43,4	6,00	364	586	8,67	13,95	34,76	4,10
Macromolecules	9	6	7	4	6	3	5	40	2057	0,86	44,26	5,71	465	793	11,63	19,83	28,05	4,35
Biochemical Engineering Journal	2			4	6	18	9	39	2096	0,84	45,09	5,57	166	515	4,26	13,21	27,79	4,74
Fuel	4	6	5	5	7	6	3	36	2132	0,77	45,87	5,14	231	506	6,42	14,06	21,89	4,30
Environmental Science & Technology	1	6	3	5	10	5	5	35	2167	0,75	46,62	5,00	249	622	7,11	17,77	27,77	3,86
Journal of colloid and interface Science	3	6	3	6	4	10	2	34	2201	0,73	47,35	4,86	300	607	8,82	17,85	34,62	4,18
Journal of supercritical Fluids	4	6	8	3	6	3	4	34	2235	0,73	48,09	4,86	322	622	9,47	18,29	22,03	3,79
Journal of Agricultural and Food Chemistry	2	4	4	5	9	4	5	33	2268	0,71	48,8	4,71	280	587	8,48	17,79	45,94	4,18
Langmuir	2	6	3	9	3	5	5	33	2301	0,71	49,51	4,71	385	733	11,67	22,21	38,12	4,12
Biotechnology Progress	4	6	4	6	7	3	2	32	2333	0,69	50,19	4,57	234	428	7,31	13,38	29,13	4,21
Journal of Biotechnology	4	3	5	2	4	5	8	31	2364	0,67	50,86	4,43	284	657	9,16	21,19	32,90	5,10
Journal of Chemical Thermodynamics	5	8	3	4	2	3	6	31	2395	0,67	51,53	4,43	147	273	4,74	8,81	18,00	3,84
Biotechnology Letters	7	5	5	6	3	1	2	29	2424	0,62	52,15	4,14	223	364	7,69	12,55	14,41	4,17
Journal of Catalysis	5	5	4	3	4	5	3	29	2453	0,62	52,78	4,14	435	794	15,00	27,38	38,97	4,76
Biotechnology and Bioengineering	3	5	1	4	3	8	4	28	2481	0,6	53,38	4,00	235	506	8,39	18,07	34,36	4,71
Analytica Chimica Acta	1	2	4	3	5	6	4	25	2506	0,54	53,92	3,57	176	354	7,04	14,16	28,88	4,08
Microporous and Mesoporous Materials	4	3	1	1	6	6	4	25	2531	0,54	54,45	3,57	336	647	13,44	25,88	32,20	4,52
Separation and Purification Technology	2	1	2	1	2	5	12	25	2556	0,54	54,99	3,57	102	353	4,08	14,12	24,64	4,08
Environmental Technology	4	2	3	2	5	1	7	24	2580	0,52	55,51	3,43	51	110	2,13	4,58	22,46	4,33
European Polymer Journal	1	8	1	2	4	4	4	24	2604	0,52	56,02	3,43	130	323	5,42	13,46	27,54	4,33
Boletin de la sociedad Española de Ceramica y Vidrio	8	4			4	4	3	23	2627	0,49	56,52	3,29	66	88	2,87	3,83	31,57	3,65
Separation Science and Technology	3	2	3	5	5	4	1	23	2650	0,49	57,01	3,29	85	175	3,70	7,61	23,39	3,65
Computers & Chemical Engineering	3	7	4		3	2	3	22	2672	0,47	57,49	3,14	119	275	5,41	12,50	19,91	4,00
Journal of the American Oil Chemists Society	4	4	6	3	2	3		22	2694	0,47	57,96	3,14	101	160	4,59	7,27	20,14	3,68
Journal of Chemical Pphysics		3	1	6	5	5	1	21	2715	0,45	58,41	3,00	189	295	9,00	14,05	43,62	3,67
Journal of Pphysical Chemistry B		3	3	1	6	3	5	21	2736	0,45	58,86	3,00	225	439	10,71	20,90	40,38	5,00
Journal of chromatography A	2	1	2	1	6	2	6	20	2756	0,43	59,29	2,86	181	358	9,05	17,90	35,10	3,95
Chemical Engineering Communications	1	1	7	3	3	2	2	19	2775	0,41	59,7	2,71	26	52	1,37	2,74	29,47	3,58
Chemical Engineering Research & Design	4	1	2	1	5	3	3	19	2794	0,41	60,11	2,71	49	121	2,58	6,37	23,84	4,32
Fuel Processing Technology	2	3	1		4	2	6	18	2812	0,39	60,5	2,57	129	309	7,17	17,17	27,94	4,50
Polymer Degradation and Stability	1			3	4	3	7	18	2830	0,39	60,89	2,57	98	228	5,44	12,67	20,94	3,61
Thermochimica Acta	2	2	3	1	4	5	1	18	2848	0,39	61,27	2,57	229	440	12,72	24,44	23,61	4,94
Grasas y Aceites	7	4	3	2			1	17	2865	0,37	61,64	2,43	18	31	1,06	1,82	30,65	3,12
Canadian Journal of Chemical Engineering	3	7	2	2	1	1		16	2881	0,34	61,98	2,29	71	114	4,44	7,13	21,50	3,50
Colloids and Ssurfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects	3		1		3	5	4	16	2897	0,34	62,33	2,29	69	185	4,31	11,56	24,94	4,13
Ozone-Science & Engineering	3	1	2	2	1	5	2	16	2913	0,34	62,67	2,29	78	160	4,88	10,00	23,63	4,13
Pphysics and Chemistry of Liquids	1	1	2	2	5	3	2	16	2929	0,34	63,02	2,29	36	64	2,25	4,00	20,19	4,44
Chemical Engineering & Technology	5	1	1	5			2	15	2944	0,32	63,34	2,14	64	118	4,27	7,87	23,47	3,33
Journal of Environmental Science and Health part A-Toxic/Hazardous Substances & Envir Engineering	3	4	1	2	1	3	1	15	2959	0,32	63,66	2,14	34	76	2,27	5,07	17,60	4,40
Powder Technology	3	4		2	1	2	3	15	2974	0,32	63,98	2,14	36	84	2,40	5,60	25,93	3,47
Corrosion		2	2	3	2	2	3	14	2988	0,3	64,29	2,00	38	76	2,71	5,43	34,93	4,00
Food Science and Technology International	4	1	4	1	3		1	14	3002	0,3	64,59	2,00	26	56	1,86	4,00	29,36	4,07
Macromolecular Chemistry and Pphysics	1	5	1	2	3		2	14	3016	0,3	64,89	2,00	118	222	8,43	15,86	23,71	5,00
Reactive & Functional Polymers	3	2		2	4	2	1	14	3030	0,3	65,19	2,00	107	236	7,64	16,86	27,71	4,57
Revista de Metalurgia		6	2	2	1	3		14	3044	0,3	65,49	2,00	9	11	0,64	0,79	14,79	3,93
Biomacromolecules		2	1	1	2	1	6	13	3057	0,28	65,77	1,86	77	160	5,92	12,31	32,92	4,23
Carbon	2		2		4	1	4	13	3070	0,28	66,05	1,86	90	260	6,92	20,00	24,54	4,69
Chemical Communications	1	1	1	1	5	2	2	13	3083	0,28	66,33	1,86	148	350	11,38	26,92	15,23	5,62
Journal of Food Science	1	2	5	5				13	3096	0,28	66,61	1,86	52	96	4,00	7,38	25,38	3,31
Journal of Molecular Catalysis A-Chemical	1	1	2		2	3	4	13	3109	0,28	66,89	1,86	64	148	4,92	11,38	36,77	4,85
Journal of the Science of Food and Agriculture	1		3	1	3	4	1	13	3122	0,28	67,17	1,86	76	167	5,85	12,85	27,31	4,23





**Anexo VI. Distribución anual de las fuentes donde se publicaron los documentos, dispuestos en orden decreciente de productividad**

cit'08	cit'11	n	Σn	%	Σ%	Revistas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	P <sup>1</sup>
1887	3980	283	283	6,09	6,09	INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	26	38	42	34	39	58	46	40,43
655	1386	134	417	2,88	8,97	JOURNAL OF CHEMICAL AND ENGINEERING DATA	17	30	17	13	20	11	26	19,14
532	1206	112	529	2,41	11,38	JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	15	13	17	15	19	19	14	16,00
461	936	106	635	2,28	13,66	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	18	19	7	19	12	11	20	15,14
313	800	100	735	2,15	15,81	DESALINATION	4	7	15	8	6	20	40	14,29
60	109	98	833	2,11	17,92	AFINIDAD	16	13	23	12	13	16	5	14,00
1341	3192	82	915	1,76	19,69	WATER RESEARCH	8	11	11	13	13	20	6	11,71
1197	2691	78	993	1,68	21,36	APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL	8	12	7	12	10	8	21	11,14
630	1621	70	1063	1,51	22,87	PROCESS BIOCHEMISTRY	7	11	12	7	11	14	8	10,00
723	1440	69	1132	1,48	24,35	CATALYSIS TODAY	12	8	8	5	4	23	9	9,86
533	1232	65	1197	1,40	25,75	APPLIED CATALYSIS A-GENERAL	6	8	4	8	15	10	14	9,29
359	824	62	1259	1,33	27,09	CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE	6	8	9	6	6	10	17	8,86
296	571	62	1321	1,33	28,42	FLUID PHASE EQUILIBRIA	10	6	7	5	10	15	9	8,86
229	495	62	1383	1,33	29,75	JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE	8	10	6	4	6	7	21	8,86
406	951	62	1445	1,33	31,09	JOURNAL OF FOOD ENGINEERING	6	6	10	8	8	13	11	8,86
356	1160	62	1507	1,33	32,42	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	9	6	3	5	6	5	28	8,86
574	1102	61	1568	1,31	33,73	JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS		17	4	13	3	20	4	8,71
450	771	60	1628	1,29	35,03	POLYMER	12	12	7	13	5	5	6	8,57
469	1299	59	1687	1,27	36,30	CHEMOSPHERE	3	5	3	8	13	14	13	8,43
263	787	56	1743	1,20	37,50	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	3	4	10	7	7	10	15	8,00
355	833	55	1798	1,18	38,68	JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	5	1	7	4	9	11	18	7,86
622	1628	46	1844	0,99	39,67	BIORESOURCE TECHNOLOGY	7	9	6	8	5	7	4	6,57
459	906	46	1890	0,99	40,66	ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY	8	7	8	3	7	6	7	6,57
232	544	43	1933	0,93	41,59	AICHE JOURNAL	4	3	4	5	6	7	14	6,14
279	698	42	1975	0,90	42,49	ENERGY & FUELS	5	2	9	2	7	8	9	6,00
364	586	42	2017	0,90	43,40	JOURNAL OF POLYMER SCIENCE PART A-POLYMER CHEMISTRY	7	8	8	4	5	6	4	6,00
465	793	40	2057	0,86	44,26	MACROMOLECULES	9	6	7	4	6	3	5	5,71
166	515	39	2096	0,84	45,09	BIOCHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	2			4	6	18	9	5,57
231	506	36	2132	0,77	45,87	FUEL	4	6	5	5	7	6	3	5,14
249	622	35	2167	0,75	46,62	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	1	6	3	5	10	5	5	5,00
300	607	34	2201	0,73	47,35	JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE	3	6	3	6	4	10	2	4,86
322	622	34	2235	0,73	48,09	JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS	4	6	8	3	6	3	4	4,86
280	587	33	2268	0,71	48,80	JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY	2	4	4	5	9	4	5	4,71
385	733	33	2301	0,71	49,51	LANGMUIR	2	6	3	9	3	5	5	4,71
234	428	32	2333	0,69	50,19	BIOTECHNOLOGY PROGRESS	4	6	4	6	7	3	2	4,57
284	657	31	2364	0,67	50,86	JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY	4	3	5	2	4	5	8	4,43
147	273	31	2395	0,67	51,53	JOURNAL OF CHEMICAL THERMODYNAMICS	5	8	3	4	2	3	6	4,43
223	364	29	2424	0,62	52,15	BIOTECHNOLOGY LETTERS	7	5	5	6	3	1	2	4,14
435	794	29	2453	0,62	52,78	JOURNAL OF CATALYSIS	5	5	4	3	4	5	3	4,14
235	506	28	2481	0,60	53,38	BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING	3	5	1	4	3	8	4	4,00
176	354	25	2506	0,54	53,92	ANALYTICA CHIMICA ACTA	1	2	4	3	5	6	4	3,57
336	647	25	2531	0,54	54,45	MICROPOROUS AND MESOPOROUS MATERIALS	4	3	1	1	6	6	4	3,57
102	353	25	2556	0,54	54,99	SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY	2	1	2	1	2	5	12	3,57
51	110	24	2580	0,52	55,51	ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY	4	2	3	2	5	1	7	3,43
130	323	24	2604	0,52	56,02	EUROPEAN POLYMER JOURNAL	1	8	1	2	4	4	4	3,43
66	88	23	2627	0,49	56,52	BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO	8	4			4	4	3	3,29
85	175	23	2650	0,49	57,01	SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	3	2	3	5	5	4	1	3,29
119	275	22	2672	0,47	57,49	COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING	3	7	4		3	2	3	3,14
101	160	22	2694	0,47	57,96	JOURNAL OF THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY	4	4	6	3	2	3		3,14
189	295	21	2715	0,45	58,41	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS		3	1	6	5	5	1	3,00
225	439	21	2736	0,45	58,86	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B		3	3	1	6	3	5	3,00
181	358	20	2756	0,43	59,29	JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY A	2	1	2	1	6	2	6	2,86
26	52	19	2775	0,41	59,70	CHEMICAL ENGINEERING COMMUNICATIONS	1	1	7	3	3	2	2	2,71
49	121	19	2794	0,41	60,11	CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH & DESIGN	4	1	2	1	5	3	3	2,71
129	309	18	2812	0,39	60,50	FUEL PROCESSING TECHNOLOGY	2	3	1		4	2	6	2,57
98	228	18	2830	0,39	60,89	POLYMER DEGRADATION AND STABILITY	1			3	4	3	7	2,57
229	440	18	2848	0,39	61,27	THERMOCHIMICA ACTA		2	3	1	4	5	1	2,57
18	31	17	2865	0,37	61,64	GRASAS Y ACEITES	7	4	3	2				2,43
71	114	16	2881	0,34	61,98	CANADIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING	3	7	2	2	1	1		2,29
69	185	16	2897	0,34	62,33	COLLOIDS AND SURFACES A-PHYSICO-CHEMICAL AND ENGINEERING ASPECTS	3		1		3	5	4	2,29
78	160	16	2913	0,34	62,67	OZONE-SCIENCE & ENGINEERING	3	1	2	2	1	5	2	2,29
36	64	16	2929	0,34	63,02	PHYSICS AND CHEMISTRY OF LIQUIDS	1	1	2	2	5	3	2	2,29
64	118	15	2944	0,32	63,34	CHEMICAL ENGINEERING & TECHNOLOGY	5	1	1	5		2	1	2,14
34	76	15	2959	0,32	63,66	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART A-TOXIC/HAZARDOUS SUBSTANCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING	3	4	1	2	1	3	1	2,14

Promedio de documentos por año

**Anexo VI. Distribución anual de las fuentes donde se publicaron los documentos,  
dispuestos en orden decreciente de productividad**

cit'08	cit'11	n	Σn	%	Σ%	Revistas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	P <sup>2</sup>
36	84	15	2974	0,32	63,98	POWDER TECHNOLOGY	3	4		2	1	2	3	2,14
38	76	14	2988	0,30	64,29	CORROSION		2	2	3	2	2	3	2,00
26	56	14	3002	0,30	64,59	FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY INTERNATIONAL	4	1	4	1	3		1	2,00
118	222	14	3016	0,30	64,89	MACROMOLECULAR CHEMISTRY AND PHYSICS	1	5	1	2	3		2	2,00
107	236	14	3030	0,30	65,19	REACTIVE & FUNCTIONAL POLYMERS	3	2		2	4	2	1	2,00
9	11	14	3044	0,30	65,49	REVISTA DE METALURGIA		6	2	2	1	3		2,00
77	160	13	3057	0,28	65,77	BIOMACROMOLECULES		2	1	1	2	1	6	1,86
90	260	13	3070	0,28	66,05	CARBON	2		2		4	1	4	1,86
148	350	13	3083	0,28	66,33	CHEMICAL COMMUNICATIONS	1	1	1	1	5	2	2	1,86
52	96	13	3096	0,28	66,61	JOURNAL OF FOOD SCIENCE	1	2	5	5				1,86
64	148	13	3109	0,28	66,89	JOURNAL OF MOLECULAR CATALYSIS A-CHEMICAL	1	1	2		2	3	4	1,86
76	167	13	3122	0,28	67,17	JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE	1		3	1	3	4	1	1,86

## Anexo VII. Distribución de la productividad de las revistas

x	y	x·y	%y	Σ(%y)	%x	Σ(%x)	Log x
283	1	283	0,17	0,17	6,09	6,09	2,45
134	1	134	0,17	0,33	2,88	8,97	2,13
112	1	112	0,17	0,50	2,41	11,38	2,05
106	1	106	0,17	0,67	2,28	13,66	2,03
100	1	100	0,17	0,84	2,15	15,81	2,00
98	1	98	0,17	1,00	2,11	17,92	1,99
82	1	82	0,17	1,17	1,76	19,69	1,91
78	1	78	0,17	1,34	1,68	21,36	1,89
70	1	70	0,17	1,51	1,51	22,87	1,85
69	1	69	0,17	1,67	1,48	24,35	1,84
65	1	65	0,17	1,84	1,40	25,75	1,81
62	5	310	0,84	2,68	6,67	32,42	1,79
61	1	61	0,17	2,84	1,31	33,73	1,79
60	1	60	0,17	3,01	1,29	35,03	1,78
59	1	59	0,17	3,18	1,27	36,30	1,77
56	1	56	0,17	3,34	1,20	37,50	1,75
55	1	55	0,17	3,51	1,18	38,68	1,74
46	2	92	0,33	3,85	1,98	40,66	1,66
43	1	43	0,17	4,01	0,93	41,59	1,63
42	2	84	0,33	4,35	1,81	43,40	1,62
40	1	40	0,17	4,52	0,86	44,26	1,60
39	1	39	0,17	4,68	0,84	45,09	1,59
36	1	36	0,17	4,85	0,77	45,87	1,56
35	1	35	0,17	5,02	0,75	46,62	1,54
34	2	68	0,33	5,35	1,46	48,09	1,53
33	2	66	0,33	5,69	1,42	49,51	1,52
32	1	32	0,17	5,85	0,69	50,19	1,51
31	2	62	0,33	6,19	1,33	51,53	1,49
29	2	58	0,33	6,52	1,25	52,78	1,46
28	1	28	0,17	6,69	0,60	53,38	1,45
25	3	75	0,50	7,19	1,61	54,99	1,40
24	2	48	0,33	7,53	1,03	56,02	1,38
23	2	46	0,33	7,86	0,99	57,01	1,36
22	2	44	0,33	8,19	0,95	57,96	1,34
21	2	42	0,33	8,53	0,90	58,86	1,32
20	1	20	0,17	8,70	0,43	59,29	1,30
19	2	38	0,33	9,03	0,82	60,11	1,28
18	3	54	0,50	9,53	1,16	61,27	1,26
17	1	17	0,17	9,70	0,37	61,64	1,23
16	4	64	0,67	10,37	1,38	63,02	1,20
15	3	45	0,50	10,87	0,97	63,98	1,18
14	5	70	0,84	11,71	1,51	65,49	1,15
13	6	78	1,00	12,71	1,68	67,17	1,11

12	4	48	0,67	13,38	1,03	68,20	1,08
11	9	99	1,51	14,88	2,13	70,33	1,04
10	14	140	2,34	17,22	3,01	73,34	1,00
9	7	63	1,17	18,39	1,36	74,70	0,95
8	17	136	2,84	21,24	2,93	77,62	0,90
7	9	63	1,51	22,74	1,36	78,98	0,85
6	23	138	3,85	26,59	2,97	81,95	0,78
5	26	130	4,35	30,94	2,80	84,75	0,70
4	34	136	5,69	36,62	2,93	87,67	0,60
3	56	168	9,36	45,99	3,61	91,29	0,48
2	82	164	13,71	59,70	3,53	94,81	0,30
1	241	241	40,30	100,00	5,19	100,00	0,00
	<b>598</b>	<b>4648</b>	<b>100,00</b>				

## Anexo VIII. Dispersión de la literatura científica. Ley de Bradford

nº revistas, r	n	r,n	$\Sigma r$	R(r)	% (R(r))	ln $\Sigma r$
1	283	283	1	283	6,09	0,00
1	134	134	2	417	8,97	0,69
1	112	112	3	529	11,38	1,10
1	106	106	4	635	13,66	1,39
1	100	100	5	735	15,81	1,61
1	98	98	6	833	17,92	1,79
1	82	82	7	915	19,69	1,95
1	78	78	8	993	21,36	2,08
1	70	70	9	1063	22,87	2,20
1	69	69	10	1132	24,35	2,30
1	65	65	11	1197	25,75	2,40
5	62	310	16	1507	32,42	2,77
1	61	61	17	1568	33,73	2,83
1	60	60	18	1628	35,03	2,89
1	59	59	19	1687	36,30	2,94
1	56	56	20	1743	37,50	3,00
1	55	55	21	1798	38,68	3,04
2	46	92	23	1890	40,66	3,14
1	43	43	24	1933	41,59	3,18
2	42	84	26	2017	43,40	3,26
1	40	40	27	2057	44,26	3,30
1	39	39	28	2096	45,09	3,33
1	36	36	29	2132	45,87	3,37
1	35	35	30	2167	46,62	3,40
2	34	68	32	2235	48,09	3,47
2	33	66	34	2301	49,51	3,53
1	32	32	35	2333	50,19	3,56
2	31	62	37	2395	51,53	3,61
2	29	58	39	2453	52,78	3,66
1	28	28	40	2481	53,38	3,69
3	25	75	43	2556	54,99	3,76
2	24	48	45	2604	56,02	3,81
2	23	46	47	2650	57,01	3,85
2	22	44	49	2694	57,96	3,89
2	21	42	51	2736	58,86	3,93
1	20	20	52	2756	59,29	3,95
2	19	38	54	2794	60,11	3,99
3	18	54	57	2848	61,27	4,04
1	17	17	58	2865	61,64	4,06
4	16	64	62	2929	63,02	4,13
3	15	45	65	2974	63,98	4,17
5	14	70	70	3044	65,49	4,25
6	13	78	76	3122	67,17	4,33
4	12	48	80	3170	68,20	4,38

Anexo VIII. Dispersión de la literatura científica. Ley de Bradford

nº revistas, r	n	r,n	$\sum r$	R(r)	% (R(r))	ln $\sum r$
9	11	99	89	3269	70,33	4,49
14	10	140	103	3409	73,34	4,63
7	9	63	110	3472	74,70	4,70
17	8	136	127	3608	77,62	4,84
9	7	63	136	3671	78,98	4,91
23	6	138	159	3809	81,95	5,07
26	5	130	185	3939	84,75	5,22
34	4	136	219	4075	87,67	5,39
56	3	168	275	4243	91,29	5,62
82	2	164	357	4407	94,81	5,88
241	1	241	598	4648	100,00	6,39
<b>598</b>		4648	<b>N</b>	<b>R(n)</b>		

**Anexo IX. Distribución de las revistas analizadas, por categorías del JCR**

Categorías temáticas	Revistas	Ocurrencias	% cur.	Σ%
Engineering, Chemical	72	1717	20,38	20,38
Chemistry, Physical	65	774	9,19	29,56
Environmental Sciences	53	619	7,35	36,91
Biotechnology & Applied Microbiology	43	562	6,67	43,58
Chemistry, Multidisciplinary	39	465	5,52	49,10
Engineering, Environmental	24	465	5,52	54,62
Polymer Science	40	464	5,51	60,12
Water Resources	15	320	3,80	63,92
Food Science & Technology	39	298	3,54	67,46
Chemistry, Applied	25	285	3,38	70,84
Chemistry, Analytical	36	224	2,66	73,50
Energy & Fuels	19	195	2,31	75,81
Biochemistry & Molecular Biology	45	178	2,11	77,93
Materials Science, Multidisciplinary	44	156	1,85	79,78
Thermodynamics	13	116	1,38	81,15
Materials Science, Ceramics	12	79	0,94	82,09
Engineering, Civil	6	75	0,89	82,98
Spectroscopy	8	72	0,85	83,84
Agricultural Engineering	6	68	0,81	84,64
Metallurgy & Metallurgical Engineering	11	65	0,77	85,41
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	12	62	0,74	86,15
Materials Science, Paper & Wood	11	61	0,72	86,87
Biochemical Research Methods	17	60	0,71	87,59
Electrochemistry	10	59	0,70	88,29
Biophysics	19	49	0,58	88,87
Agriculture, Multidisciplinary	3	47	0,56	89,43
Chemistry, Organic	14	44	0,52	89,95
Materials Science, Composites	11	44	0,52	90,47
Physics, Condensed Matter	11	44	0,52	90,99
Computer Science, Interdisciplinary Applications	10	40	0,47	91,47
Mechanics	12	34	0,40	91,87
Nanoscience & Nanotechnology	6	34	0,40	92,27
Materials Science, Coatings & Films	6	30	0,36	92,63
Physics, Applied	12	29	0,34	92,97
Engineering, Mechanical	13	28	0,33	93,31
Chemistry, Inorganic & Nuclear	14	27	0,32	93,63
Crystallography	8	24	0,28	93,91
Nutrition & Dietetics	7	19	0,23	94,14
Materials Science, Textiles	7	18	0,21	94,35
Toxicology	10	18	0,21	94,56
Computer Science, Artificial Intelligence	12	17	0,20	94,77
Forestry	4	17	0,20	94,97
Engineering, Multidisciplinary	7	16	0,19	95,16
Meteorology & Atmospheric Sciences	6	16	0,19	95,35

**Anexo IX. Distribución de las revistas analizadas, por categorías del JCR**

Microbiology	11	16	0,19	95,54
Cell Biology	9	15	0,18	95,72
Nuclear Science & Technology	9	14	0,17	95,88
Public, Environmental & Occupational Health	6	14	0,17	96,05
Education, Scientific Disciplines	2	13	0,15	96,20
Instruments & Instrumentation	6	13	0,15	96,36
Materials Science, Biomaterials	3	13	0,15	96,51
Mineralogy	5	12	0,14	96,65
Engineering, Industrial	5	11	0,13	96,78
Soil Science	4	11	0,13	96,91
Agronomy	4	10	0,12	97,03
Engineering, Manufacturing	4	10	0,12	97,15
Limnology	2	10	0,12	97,27
Physics, Fluids & Plasmas	3	10	0,12	97,39
Automation & Control Systems	6	9	0,11	97,50
Geosciences, Multidisciplinary	7	9	0,11	97,60
Marine & Freshwater Biology	4	9	0,11	97,71
Mathematics, Interdisciplinary Applications	5	9	0,11	97,82
Mining & Mineral Processing	3	9	0,11	97,92
Chemistry, Medicinal	7	8	0,09	98,02
Computer Science, Information Systems	3	8	0,09	98,11
Construction & Building Technology	4	8	0,09	98,21
Engineering, Electrical & Electronic	7	8	0,09	98,30
Operations Research & Management Science	5	8	0,09	98,40
Pharmacology & Pharmacy	8	8	0,09	98,49
Physics, Multidisciplinary	5	8	0,09	98,59
Information Science & Library Science	3	7	0,08	98,67
Geochemistry & Geophysics	3	6	0,07	98,74
Materials Science, Characterization & Testing	4	6	0,07	98,81
Physics, Mathematical	2	6	0,07	98,88
Developmental Biology	2	5	0,06	98,94
Horticulture	2	5	0,06	99,00
Multidisciplinary Sciences	3	5	0,06	99,06
Plant Sciences	4	5	0,06	99,12
Ecology	1	4	0,05	99,17
Engineering, Petroleum	2	4	0,05	99,22
Genetics & Heredity	2	4	0,05	99,26
Immunology	4	4	0,05	99,31
Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging	3	4	0,05	99,36
Reproductive Biology	1	4	0,05	99,41
Agriculture, Dairy & Animal Science	3	3	0,04	99,44
Biology	3	3	0,04	99,48
Engineering, Biomedical	2	3	0,04	99,51
Fisheries	3	3	0,04	99,55
Optics	2	3	0,04	99,58
Statistics & Probability	3	3	0,04	99,62



**Anexo IX. Distribución de las revistas analizadas, por categorías del JCR**

Astronomy & Astrophysics	2	2	0,02	99,64
Endocrinology & Metabolism	2	2	0,02	99,67
Environmental Studies	1	2	0,02	99,69
Mathematical & Computational Biology	2	2	0,02	99,72
Mathematics	2	2	0,02	99,74
Neurosciences	1	2	0,02	99,76
Ophthalmology	1	2	0,02	99,79
Agriculture, Soil Science	1	1	0,01	99,80
Allergy	1	1	0,01	99,81
Anatomy & Morphology	1	1	0,01	99,82
Cardiac & Cardiovascular Systems	1	1	0,01	99,83
Computer Science, Software Engineering	1	1	0,01	99,85
Dermatology	1	1	0,01	99,86
Engineering, Aerospace	1	1	0,01	99,87
Engineering, Geological	1	1	0,01	99,88
Hematology	1	1	0,01	99,89
Medicine, General & Internal	1	1	0,01	99,91
Microscopy	1	1	0,01	99,92
Mycology	1	1	0,01	99,93
Physics, Nuclear	1	1	0,01	99,94
Psychology, Clinical	1	1	0,01	99,95
Surgery	1	1	0,01	99,96
Transplantation	1	1	0,01	99,98
Transportation Science & Technology	1	1	0,01	99,99
Zoology	1	1	0,01	100,00
	1075	8426	100,00	



Anexo X. Distribución de datos globales obtenidos en la recuperación de los registros, por Comunidad Autónoma y por universidad

C Autónoma	Universidad	Titul	Nombre del Departamento (*)	Años						Total	Tipo Doc		Citation Report			Idiomas					
				2000	2001	2002	2003	2004	2005		2006	Art	Rev	Citas	S/auto cita	%auto cita	Cita/doc	h-index	Ing	Esp	Otr
Andalucía	Almería	Si	Ingeniería Química	14	9	4	17	10	12	13	79	77	2	515	263	48,9	6,52	13	78	1	0
	Cádiz	Si	Ing Quím., Tecnol Alimentos y Tecnol Medio Ambiente	5	15	13	10	9	14	11	77	75	2	538	411	23,6	6,99	12	77	0	0
	Córdoba	No	Química Inorgánica e Ingeniería Química	11	6	9	11	12	13	8	70	69	1	314	162	48,4	4,49	8	61	7	2
	Granada	Si	Ingeniería Química	12	10	11	9	13	14	24	93	91	2	422	349	17,3	4,54	11	78	14	1
	Huelva	Si	Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica	8	12	17	11	14	13	13	88	87	1	348	229	34,2	3,95	12	81	7	0
	Jaén	No	Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales	6	1	2	0	3	4	1	17	17	0	50			2,94	5	14	3	0
	Málaga	Si	Ingeniería Química	5	7	4	5	12	13	15	61	61	0	404	324	19,8	6,62	11	60	0	1
	Pablo de Olavide	No	Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica	0	0	1	2	1	2	5	11	10	1	35	30	14,3	3,18	3	8	3	0
	Sevilla	No	Ingeniería Química	12	14	17	17	14	16	13	103	101	2	665	371	44,2	6,46	14	96	7	0
	Sevilla	Si	Ingeniería Química y Ambiental	1	6	8	6	5	13	7	46	45	1	194			4,22	8	45	1	0
Aragón	Zaragoza	Si	Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente	17	24	26	18	22	17	17	141	140	1	1126	699	37,9	7,99	17	140	1	0
Asturias	Oviedo	Si	Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente	16	20	32	23	23	30	39	183	182	1	827	501	39,4	4,52	13	181	2	0
Cantabria	Cantabria	Si	Ingeniería Química y Química Inorgánica	0	1	14	10	6	12	30	73	73	0	260	165	36,5	3,56	8	72	1	0
Castilla y León	Burgos	No	Biotecnología y Ciencias de los Alimentos	3	2	11	3	4	5	11	39	39	0	209	142	32,1	5,36	8	39	0	0
	León	No	Química y Física Aplicadas	0	3	3	7	6	6	3	28	28	0	214	204	4,67	7,64	9	28	0	0
	Salamanca	Si	Ingeniería Química y Textil	2	4	4	2	5	4	9	30	28	2	205	187	8,78	6,83	6	30	0	0
	Valladolid	Si	Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente	14	13	6	7	10	12	18	80	75	5	559	429	23,3	6,99	13	80	0	0
Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha	Si	Ingeniería Química	18	14	21	19	25	30	36	163	163	0	1114	592	46,9	6,83	15	161	2	0
Cataluña	Autónoma de Barcelona	Si	Ingeniería Química	11	10	19	12	23	21	26	122	117	5	777	503	35,3	6,37	13	121	1	0
	Barcelona	Si	Ingeniería Química	15	8	21	13	24	26	33	140	137	3	1159	868	25,1	8,28	16	137	3	0
	Girona	No	Ing. Química, Agraria y Tecnología Agroalimentaria	13	14	9	10	12	21	26	105	104	1	424	292	31,1	4,04	9	100	5	0
	Lleida	No	Química	1	1	5	2	7	13	12	41	41	0	202	111	45	4,93	8	40	1	0
	Politécnica de Cataluña	Si	Ingeniería Química	89	81	89	73	76	90	85	583	569	14	3610	2665	26,2	6,19	21	573	10	0
	Ramón Llull	Si	Ingeniería Química	3	0	4	6	1	2	0	16	16	0	242	231	4,55	15,13	5	13	2	1
	Rovira i Virgili	Si	Ingeniería Química	19	34	42	38	50	59	61	303	298	5	2315	1697	26,7	7,64	21	301	1	1
Extremadura	Extremadura	Si	Ingeniería Química y Energética	29	32	17	17	16	25	18	154	153	1	1431	886	38,1	9,29	20	150	4	0
Galicia	A Coruña	No	Ingeniería Industrial II	0	4	2	4	8	12	8	38	36	2	175	101	42,3	4,61	7	38	0	0
	Santiago de Compostela	Si	Enxeñaría Química	36	33	33	38	41	42	49	272	267	5	1647	1554	5,65	6,06	17	260	12	0
	Vigo	No	Enxeñaría Química	39	53	37	43	50	38	42	302	293	9	2067	1148	44,5	6,84	19	295	6	1
Islas Baleares	Illes Balears	No	Química	4	6	3	3	0	2	4	22	22	0	127	97	23,6	5,77	7	22	0	0
Islas Canarias	La Laguna	Si	Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica	6	6	7	1	4	1	1	26	26	0	81	63	22,2	3,12	6	25	1	0
	Las Palmas de Gran Canaria	Si	Ingeniería de Procesos	5	11	7	6	5	3	6	43	43	0	175	101	42,3	4,07	9	37	5	1
La Rioja	La Rioja	No	Química	2	1	1	5	12	6	6	33	33	0	188	126	33	5,70	8	33	0	0
Madrid	Alcalá	No	Química Analítica e Ingeniería Química	5	1	2	6	2	2	2	20	19	1	192	184	4,17	9,60	5	19	1	0
	Autónoma de Madrid	No	Química Física Aplicada	4	6	5	2	10	7	5	39	38	1	240	194	19,2	6,15	8	39	0	0
	Carlos III de Madrid	No	CC experimentales e Ingeniería Química	3	2	1	4	1	1	1	13	13	0	66	42	36,4	5,08	5	11	2	0
	Complutense de Madrid	Si	Ingeniería Química	28	28	23	9	28	48	49	213	212	1	1526	1006	34,1	7,16	18	212	1	0
	Politécnica de Madrid	No	Ingeniería Química y Combustibles	5	1	0	4	1	1	2	14	14	0	151	133	11,9	10,79	6	14	0	0
		No	Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente	5	10	3	6	9	7	11	51	51	0	241	180	25,3	4,73	9	45	6	0
		No	Física y Química Aplicada a la Técnica Aeronáutica	0	0	2	1	0	0	2	5	5	0	9	7	22,2	1,80	2	5	0	0
		Si	Química Industrial y Polímeros	0	2	1	1	0	2	1	7	7	0	25	24	4	3,57	3	7	0	0
		Rey Juan Carlos	Si	Tecnología Química y Ambiental	7	8	10	7	14	28	20	94	93	1	1028	760	26,1	10,94	17	94	0
Murcia	Murcia	Si	Ingeniería Química	7	3	11	8	10	9	10	58	58	0	278	230	17,3	4,79	9	54	3	1
	Politécnica de Cartagena	No	Ingeniería Química y Ambiental	1	8	4	3	4	6	4	30	30	0	122	108	11,5	4,07	6	30	0	0
Navarra	Pública de Navarra	No	Química Aplicada	10	12	9	7	5	5	4	52	50	2	771	441	42,8	14,83	17	50	2	0
País Vasco	País Vasco	Si	Ingeniería Química y Medio Ambiente	19	16	15	23	24	24	21	142	142	0	892	696	22	6,28	15	138	4	0
		Si	Ingeniería Química	21	22	28	24	27	34	22	178	178	0	1094	532	51,4	6,15	19	175	3	0
		No	Química Aplicada	13	29	16	13	20	23	14	128	125	3	1111	593	46,6	8,68	16	127	1	0
Valencia	Alicante	Si	Ingeniería Química	19	33	11	16	16	24	19	138	138	0	862	542	37,1	6,25	15	138	0	0
	Jaume I de Castellón	Si	Ingeniería Química	7	10	15	6	12	3	7	60	59	1	181	84	53,6	3,02	7	49	11	0
	Miguel Hernández de Elche	No	Agroquímica y Medio Ambiente	0	0	1	2	0	2	0	5	5	0	4	4	0	0,80	2	4	1	0
	Politécnica de Valencia	Si	Ingeniería Química i Nuclear	7	7	10	12	14	21	29	100	100	0	348	235	32,5	3,48	9	99	1	0
	Valencia	Si	Ingeniería Química	17	16	13	8	14	10	21	99	99	0	754	562	25,5	7,62	14	97	2	0
				<b>594</b>	<b>669</b>	<b>679</b>	<b>610</b>	<b>734</b>	<b>848</b>	<b>894</b>	<b>5028</b>	<b>4952</b>	<b>76</b>	<b>32514</b>					<b>4881</b>	<b>138</b>	<b>9</b>

(\*) Nombre del Dpto en el momento de la recuperación de los datos



Anexos XI.a Tabla resumen de producción y citación de las distintas universidades

C Autónoma	Universidad/Dpto	Nº Doc	Citas 2000-2007											Citas 2000-2010												
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Cita/doc	Doc NCit	%Doc NCit	h-index	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Cita/doc	Doc NCit	%Doc NCit	h-index
Andalucía	Almería	79	154	89	31	130	35	66	10	515	6,52	9	11,39	13	247	161	67	342	97	190	113	1217	15,41	2	2,53	19
	Cádiz	77	88	198	83	69	21	61	18	538	6,99	6	7,79	12	122	285	153	153	52	156	107	1028	13,35	3	3,90	18
	Córdoba	70	114	40	54	42	33	29	2	314	4,49	17	24,29	8	173	79	98	96	115	128	47	736	10,51	3	4,29	16
	Granada	93	58	29	52	84	70	60	69	422	4,54	25	26,88	11	92	44	87	142	139	134	211	849	9,13	19	20,43	17
	Huelva	88	44	65	90	42	63	34	10	348	3,95	19	21,59	12	71	120	196	121	176	132	97	913	10,38	4	4,55	17
	Jaén	17	15	1	9	0	6	17	2	50	2,94	4	23,53	5	47	6	26	0	39	60	12	190	11,18	3	17,65	7
	Málaga	61	42	67	40	74	94	40	47	404	6,62	8	13,11	11	58	116	74	114	183	117	195	857	14,05	3	4,92	17
	Pablo de Olavide	11	0	0	10	4	2	9	10	35	3,18	2	18,18	3	0	0	23	4	5	20	33	85	7,73	0	0,00	6
Sevilla	149	53	288	165	150	91	89	23	859	5,77	23	15,44	15	94	455	355	309	261	288	119	1881	12,62	7	4,70	23	
Aragón	Zaragoza	141	293	200	202	187	175	56	13	1126	7,99	27	19,15	17	432	335	386	384	409	236	123	2305	16,35	5	3,55	28
Asturias	Oviedo	183	129	145	185	126	112	96	34	827	4,52	39	21,31	13	192	257	323	249	267	267	297	1852	10,12	11	6,01	22
Cantabria	Cantabria	73	0	0	87	60	23	61	29	260	3,56	21	28,77	8	0	1	148	112	60	186	164	671	9,19	7	9,59	14
Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha	163	98	185	192	199	216	153	71	1114	6,83	19	11,66	15	152	296	356	390	455	503	546	2698	16,55	4	2,45	27
Castilla y León	Burgos	39	53	8	89	23	20	9	7	209	5,36	10	25,64	8	81	12	162	45	38	25	55	418	10,72	1	2,56	11
	León	28	0	28	37	97	42	9	1	214	7,64	4	14,29	9	0	45	79	215	127	62	11	539	19,25	0	0,00	14
	Salamanca	30	26	28	18	9	104	6	14	205	6,83	6	20,00	6	44	48	26	21	348	36	50	573	19,10	1	3,33	10
	Valladolid	80	159	131	97	68	43	35	26	559	6,99	13	16,25	13	259	223	270	167	109	189	183	1400	17,50	3	3,75	21
Cataluña	Autónoma de Barcelona	122	221	108	171	90	101	53	33	777	6,37	13	10,66	13	490	275	399	177	224	148	81	1794	14,70	1	0,82	24
	Barcelona	140	181	188	295	128	252	79	36	1159	8,28	22	15,71	16	357	327	578	279	647	302	214	2704	19,31	6	4,29	26
	Girona	105	82	62	38	49	98	45	50	424	4,04	26	24,76	9	168	118	76	89	249	204	358	1262	12,02	13	12,38	18
	Lleida	41	15	14	30	18	36	50	39	202	4,93	2	4,88	8	24	28	44	26	81	118	123	444	10,83	0	0,00	12
	Politécnica de Cataluña	583	915	576	742	506	398	291	182	3610	6,19	81	13,89	21	1361	912	1260	930	913	973	898	7247	12,43	34	5,83	34
	Ramón Llull	16	150	0	13	76	2	1	0	242	15,13	2	12,50	5	261	0	17	135	3	3	0	419	26,19	1	6,25	5
	Rovira i Virgili	303	247	492	519	266	340	299	152	2315	7,64	47	15,51	21	349	818	1059	521	735	906	887	5275	17,41	17	5,61	35
Extremadura	Extremadura	154	316	407	214	203	106	147	38	1431	9,29	10	6,49	20	486	695	441	350	244	480	243	2939	19,08	4	2,60	32
Galicia	A Coruña	38	0	41	12	16	55	42	9	175	4,61	5	13,16	7	0	66	25	35	161	171	93	551	14,50	0	0,00	15
	Santiago de Compostela	272	265	366	255	219	313	134	95	1647	6,06	53	19,49	17	455	725	511	414	886	575	629	4195	15,42	20	7,35	30
Islas Baleares	Vigo	302	376	577	318	261	320	117	98	2067	6,84	39	12,91	19	604	1075	585	495	731	390	748	4628	15,32	13	4,30	30
	Illes Balears	22	42	38	5	15	0	17	10	127	5,77	3	13,64	7	68	63	15	39	0	65	34	284	12,91	1	4,55	10
Islas Canarias	La Laguna	26	50	9	11	2	3	0	6	81	3,12	10	38,46	6	58	16	22	3	7	6	17	129	21,50	8	30,77	7
	Las Palmas de Gran Canaria	43	37	41	21	47	14	8	7	175	4,07	12	27,91	9	52	61	31	74	29	20	26	293	6,81	6	13,95	11
La Rioja	La Rioja	33	8	9	4	18	103	33	13	188	5,70	3	9,09	8	9	16	5	39	214	81	73	437	13,24	1	3,03	14
Madrid	Alcalá	20	122	2	50	7	7	3	1	192	9,60	4	20,00	5	198	2	100	22	8	11	5	346	17,30	2	10,00	7
	Autónoma de Madrid	39	65	9	27	7	68	38	26	240	6,15	5	12,82	8	138	26	58	11	160	120	125	638	16,36	4	10,26	14
	Carlos III de Madrid	13	8	15	15	17	5	4	2	66	5,08	0	0,00	5	11	23	25	38	10	8	22	137	10,54	0	0,00	8
	Complutense de Madrid	213	517	198	228	50	250	210	73	1526	7,16	34	15,96	18	809	340	434	79	679	654	452	3447	16,18	10	4,69	30
	Politécnica de Madrid	77	132	116	13	78	49	17	21	426	5,53	11	14,29	12	222	186	36	179	102	51	121	897	11,65	4	5,19	16
	Rey Juan Carlos	94	221	189	230	96	129	115	48	1028	10,94	10	10,64	17	299	327	353	162	270	355	340	2106	22	2	2,13	26
Murcia	Murcia	58	70	7	69	33	67	16	16	278	4,79	15	25,86	9	110	14	110	67	174	64	141	680	11,72	6	10,34	15
	Politécnica de Cartagena	30	15	37	30	5	15	12	8	122	4,07	2	6,67	6	22	76	53	15	39	49	59	313	10,43	2	6,67	11
Navarra	Pública de Navarra	52	387	193	61	87	24	14	5	771	14,83	6	11,54	17	559	316	111	157	61	30	36	1270	24,42	2	3,85	19
País Vasco	País Vasco (Total)	432	1166	740	411	286	237	131	18	2989	6,92	53	12,27	23	1388	1437	783	573	463	261	42	4947	11,45	23	5,32	36
Valencia	Alicante	138	188	260	52	136	94	90	42	862	6,25	21	15,22	15	291	401	82	240	224	269	181	1688	12,23	10	7,25	21
	Jaume I de Castellón	60	35	38	41	12	40	11	4	181	3,02	16	26,67	7	44	63	52	18	65	17	45	304	5,07	10	16,67	10
	Miguel Hernández de Elche	5	0	0	0	3	0	1	0	4	0,80	3	60,00	2	0	0	0	7	0	9	0	16	3,20	2	40,00	3
	Politécnica de Valencia	100	66	43	49	74	63	38	15	348	3,48	28	28,00	9	94	71	82	134	137	130	127	775	7,75	7	7,00	15
	Valencia	99	249	229	78	31	101	39	27	754	7,62	15	15,15	14	401	349	129	48	191	89	145	1352	13,66	4	4,04	21



Anexos XI.b Tabla resumen de producción y citación de las distintas Departamentos

C Autónoma	Universidad/Dpto	Nº Doc	Citas 2000-2007											Citas 2000-2010												
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Cita/doc	Doc NCit	%Doc NCit	h-index	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Cita/doc	Doc NCit	%Doc NCit	h-index
Andalucía	Almería	79	154	89	31	130	35	66	10	515	6,52	9	11,39	13	247	161	67	342	97	190	113	1217	15,41	2	2,53	19
	Cádiz	77	88	198	83	69	21	61	18	538	6,99	6	7,79	12	122	285	153	153	52	156	107	1028	13,35	3	3,90	18
	Córdoba	70	114	40	54	42	33	29	2	314	4,49	17	24,29	8	173	79	98	96	115	128	47	736	10,51	3	4,29	16
	Granada	93	58	29	52	84	70	60	69	422	4,54	25	26,88	11	92	44	87	142	139	134	211	849	9,13	19	20,43	17
	Huelva	88	44	65	90	42	63	34	10	348	3,95	19	21,59	12	71	120	196	121	176	132	97	913	10,38	4	4,55	17
	Jaén	17	15	1	9	0	6	17	2	50	2,94	4	23,53	5	47	6	26	0	39	60	12	190	11,18	3	17,65	7
	Málaga	61	42	67	40	74	94	40	47	404	6,62	8	13,11	11	58	116	74	114	183	117	195	857	14,05	3	4,92	17
	Pablo de Olavide	11	0	0	10	4	2	9	10	35	3,18	2	18,18	3	0	0	23	4	5	20	33	85	7,73	0	0,00	6
	Sevilla (IQ)	103	49	239	121	115	72	55	14	665	6,46	15	14,56	14	89	348	246	223	164	153	75	1298	12,60	7	6,80	20
	Sevilla (IQA)	46	4	49	44	35	19	34	9	194	4,22	8	17,39	8	5	107	109	86	97	135	44	583	12,67	0	0,00	13
Aragón	Zaragoza	141	293	200	202	187	175	56	13	1126	7,99	27	19,15	17	432	335	386	384	409	236	123	2305	16,35	5	3,55	28
Asturias	Oviedo	183	129	145	185	126	112	96	34	827	4,52	39	21,31	13	192	257	323	249	267	297	1852	10,12	11	6,01	22	
Cantabria	Cantabria	73	0	0	87	60	23	61	29	260	3,56	21	28,77	8	0	1	148	112	60	186	164	671	9,19	7	9,59	14
Castilla-La Mancha	Castilla-La Mancha	163	98	185	192	199	216	153	71	1114	6,83	19	11,66	15	152	296	356	390	455	503	546	2698	16,55	4	2,45	27
Castilla y León	Burgos	39	53	8	89	23	20	9	7	209	5,36	10	25,64	8	81	12	162	45	38	25	55	418	10,72	1	2,56	11
	León	28	0	28	37	97	42	9	1	214	7,64	4	14,29	9	0	45	79	215	127	62	11	539	19,25	0	0,00	14
	Salamanca	30	26	28	18	9	104	6	14	205	6,83	6	20,00	6	44	48	26	21	348	36	50	573	19,10	1	3,33	10
	Valladolid	80	159	131	97	68	43	35	26	559	6,99	13	16,25	13	259	223	270	167	109	189	183	1400	17,50	3	3,75	21
Cataluña	Autónoma de Barcelona	122	221	108	171	90	101	53	33	777	6,37	13	10,66	13	490	275	399	177	224	148	81	1794	14,70	1	0,82	24
	Barcelona	140	181	188	295	128	252	79	36	1159	8,28	22	15,71	16	357	327	578	279	647	302	214	2704	19,31	6	4,29	26
	Girona	105	82	62	38	49	98	45	50	424	4,04	26	24,76	9	168	118	76	89	249	204	358	1262	12,02	13	12,38	18
	Lleida	41	15	14	30	18	36	50	39	202	4,93	2	4,88	8	24	28	44	26	81	118	123	444	10,83	0	0,00	12
	Politécnica de Cataluña	583	915	576	742	506	398	291	182	3610	6,19	81	13,89	21	1361	912	1260	930	913	973	898	7247	12,43	34	5,83	34
	Ramón Llull	16	150	0	13	76	2	1	0	242	15,13	2	12,50	5	261	0	17	135	3	3	0	419	26,19	1	6,25	5
	Rovira i Virgili	303	247	492	519	266	340	299	152	2315	7,64	47	15,51	21	349	818	1059	521	735	906	887	5275	17,41	17	5,61	35
Extremadura	Extremadura	154	316	407	214	203	106	147	38	1431	9,29	10	6,49	20	486	695	441	350	244	480	243	2939	19,08	4	2,60	32
Galicia	A Coruña	38	0	41	12	16	55	42	9	175	4,61	5	13,16	7	0	66	25	35	161	171	93	551	14,50	0	0,00	15
	Santiago de Compostela	272	265	366	255	219	313	134	95	1647	6,06	53	19,49	17	455	725	511	414	886	575	629	4195	15,42	20	7,35	30
	Vigo	302	376	577	318	261	320	117	98	2067	6,84	39	12,91	19	604	1075	585	495	731	390	748	4628	15,32	13	4,30	30
Islas Baleares	Illes Balears	22	42	38	5	15	0	17	10	127	5,77	3	13,64	7	68	63	15	39	0	65	34	284	12,91	1	4,55	10
Islas Canarias	La Laguna	26	50	9	11	2	3	0	6	81	3,12	10	38,46	6	58	16	22	3	7	6	17	129	21,50	8	30,77	7
	Las Palmas de Gran Canaria	43	37	41	21	47	14	8	7	175	4,07	12	27,91	9	52	61	31	74	29	20	26	293	6,81	6	13,95	11
La Rioja	La Rioja	33	8	9	4	18	103	33	13	188	5,70	3	9,09	8	9	16	5	39	214	81	73	437	13,24	1	3,03	14
Madrid	Alcalá	20	122	2	50	7	7	3	1	192	9,60	4	20,00	5	198	2	100	22	8	11	5	346	17,30	2	10,00	7
	Autónoma de Madrid	39	65	9	27	7	68	38	26	240	6,15	5	12,82	8	138	26	58	11	160	120	125	638	16,36	4	10,26	14
	Carlos III de Madrid	13	8	15	15	17	5	4	2	66	5,08	0	0,00	5	11	23	25	38	10	8	22	137	10,54	0	0,00	8
	Complutense de Madrid	213	517	198	228	50	250	210	73	1526	7,16	34	15,96	18	809	340	434	79	679	654	452	3447	16,18	10	4,69	30
	Ingeniería Química y Combustibles	14	92	14	0	39	1	1	4	151	10,79	1	7,14	6	169	19	0	116	1	11	36	352	25,14	0	0,00	8
	Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente	51	40	87	8	34	48	9	15	241	4,73	8	15,69	9	53	139	23	50	101	22	76	464	9,10	4	7,84	11
	Física y Química Aplicada a la Técnica Aeronáutica	5	0	0	4	3	0	0	0	9	1,80	1	20,00	2	0	0	10	6	0	0	5	21	4,20	0	0,00	4
	Química Industrial y Polímeros	7	0	7	1	2	0	7	0	25	3,57	1	14,29	3	0	16	3	7	0	18	1	45	6,43	0	0,00	5
	Rey Juan Carlos	94	221	189	230	96	129	115	48	1028	10,94	10	10,64	17	299	327	353	162	270	355	340	2106	22	2	2,13	26
	Murcia	Murcia	58	70	7	69	33	67	16	16	278	4,79	15	25,86	9	110	14	110	67	174	64	141	680	11,72	6	10,34
	Politécnica de Cartagena	30	15	37	30	5	15	12	8	122	4,07	2	6,67	6	22	76	53	15	39	49	59	313	10,43	2	6,67	11
Navarra	Pública de Navarra	52	387	193	61	87	24	14	5	771	14,83	6	11,54	17	559	316	111	157	61	30	36	1270	24,42	2	3,85	19
País Vasco	Ingeniería Química	178	293	170	161	152	153	126	39	1094	6,15	22	12,36	19	464	273	284	271	358	389	162	2201	12,37	10	5,62	25
	Ingeniería Química y Medio Ambiente	142	236	133	88	149	123	121	42	892	6,28	19	13,38	15	367	216	130	313	261	377	188	1852	13,04	10	7,04	22
	Química Aplicada	128	243	325	155	122	129	104	33	1111	8,68	13	10,16	16	358	516	275	220	287	339	143	2138	16,70	3	2,34	23
Valencia	Alicante	138	188	260	52	136	94	90	42	862	6,25	21	15,22	15	291	401	82	240	224	269	181	1688	12,23	10	7,25	21
	Jaume I de Castellón	60	35	38	41	12	40	11	4	181	3,02	16	26,67	7	44	63	52	18	65	17	45	304	5,07	10	16,67	10
	Miguel Hernández de Elche	5	0	0	0	3	0	1	0	4	0,80	3	60,00	2	0	0	0	7	0	9	0	16	3,20	2	40,00	3
	Politécnica de Valencia	100	66	43	49	74	63	38	15	348	3,48	28	28,00	9	94	71	82	134	137	130	127	775	7,75	7	7,00	15
	Valencia Estudi General	99	249	229	78	31	101	39	27	754	7,62	15	15,15	14	401	349	129	48	191	89	145	1352	13,66	4	4,04	21





## Anexo XII. Distribución de los distintos tipos de colaboración por departamentos

Universidad	Total	NRC	NRnC	1	2	3	Ic	%
Almería	79	54	25	26	29	8	0,68	68,35
Cádiz	77	20	57	7	13	3	0,26	25,97
Córdoba	70	56	14	67	7	1	0,80	80,00
Granada	93	47	46	43	19	8	0,51	50,54
Huelva	88	61	27	54	12	7	0,69	69,32
Jaén	17	17	0	25	5	0	1,00	100,00
Málaga	61	53	8	22	25	21	0,87	86,89
Pablo de Olavide	11	11	0	13	1	0	1,00	100,00
Sevilla-IQ	103	49	54	31	21	3	0,48	47,57
Sevilla-IQMA	46	18	28	12	6	0	0,39	39,13
Zaragoza	141	65	76	27	41	9	0,46	46,10
Oviedo	183	83	100	42	34	32	0,45	45,36
Cantabria	73	22	51	15	13	2	0,30	30,14
Burgos	39	24	15	19	6	1	0,62	61,54
León	28	14	14	5	6	5	0,50	50,00
Salamanca	30	7	23	2	6	3	0,23	23,33
Valladolid	80	36	44	15	29	8	0,45	45,00
Castilla-La Mancha	163	65	98	18	35	11	0,40	39,88
Autónoma de Barcelona	122	78	44	40	41	22	0,64	63,93
Barcelona	140	86	54	62	49	6	0,61	61,43
Girona	105	85	20	66	34	15	0,81	80,95
Lleida	41	41	0	58	21	0	1,00	100,00
Politécnica de Cataluña	583	399	184	311	190	70	0,68	68,44
Ramón Llull	16	10	6	6	11	1	0,63	62,50
Rovira i Virgili	303	233	70	121	137	80	0,77	76,90
Extremadura	154	40	114	14	20	10	0,26	25,97
A Coruña	38	11	27	8	3	1	0,29	28,95
Santiago de Compostela	272	135	137	64	89	18	0,50	49,63
Vigo	302	123	179	68	59	32	0,41	40,73
Illes Balears	22	14	8	15	0	0	0,64	63,64
La Laguna	26	13	13	6	10	0	0,50	50,00
Las Palmas de Gran Canaria	43	14	29	8	5	3	0,33	32,56
La Rioja	33	9	24	3	3	3	0,27	27,27
Alcalá	20	9	11	10	4	1	0,45	45,00
Autónoma de Madrid	39	29	10	33	12	0	0,74	74,36
Carlos III de Madrid	13	5	8	3	2	0	0,38	38,46
Complutense de Madrid	213	86	127	77	37	14	0,40	40,38
Polit de Madrid-IQyCombust	14	6	8	5	3	1	0,43	42,86
Polit de Madrid-IQlyMA	51	39	12	30	16	2	0,76	76,47
Polit de Madrid-FyQInd Aplic	5	5	0	0	0	5	1,00	100,00
Polit de Madrid-QlyPolim	7	7	0	6	1	3	1,00	100,00
Rey Juan Carlos	94	45	49	40	19	0	0,48	47,87
Murcia	58	26	32	18	11	6	0,45	44,83
Politécnica de Cartagena	30	20	10	22	2	3	0,67	66,67
Pública de Navarra	52	45	7	43	26	0	0,87	86,54

**Anexo XII. Distribución de los distintos tipos de colaboración por departamentos**

Universidad	Total	NRC	NRnC	1	2	3	Ic	%
Almería	79	54	25	26	29	8	0,68	68,35
Politécnica de Cartagena	30	20	10	22	2	3	0,67	66,67
Pública de Navarra	52	45	7	43	26	0	0,87	86,54
País Vasco-IQyMA	142	92	50	36	47	23	0,65	64,79
País Vasco-IQ	178	50	128	29	20	5	0,28	28,09
País Vasco-QA	128	115	13	36	58	6	0,90	89,84
Alicante	138	46	92	17	15	20	0,33	33,33
Jaume I de Castellón	60	28	32	16	6	0	0,47	46,67
Miguel Hernández de Elche	5	4	1	5	0	0	0,80	80,00
Politécnica de Valencia	100	45	55	28	8	23	0,45	45,00
Valencia	99	67	32	57	29	4	0,68	67,68
<b>Totales</b>	<b>5028</b>	2762	2266	1804	1296		0,55	54,93

**NRC:** Nº de registros en colaboración; **NRnC:** Nº de registros sin colaboración

**1:** Colaboración Nacional; **2:** colaboración internacional; **3:** colaboración con otras áreas de la propia Univ.



UEx. Edificio *Metálico* (Antiguo *Mercado de Abastos*. Badajoz)



