



**Universidad de Granada**

Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación

## **TESIS DOCTORAL**

# **ESTUDIO LONGITUDINAL DE LA PRODUCCIÓN ESPAÑOLA DE TESIS DOCTORALES EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA (1975-2002)**

**Autora:**

Dña. Mónica Vallejo Ruiz

**Directores:**

Dr. D. Antonio Fernández Cano

Dr. D. Manuel Torralbo Rodríguez

**GRANADA, 2005**



**Universidad de Granada**

Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación

**ESTUDIO LONGITUDINAL DE LA PRODUCCIÓN  
ESPAÑOLA DE TESIS DOCTORALES EN  
EDUCACIÓN MATEMÁTICA (1975-2002)**

Tesis que presenta  
Dña. Mónica Vallejo Ruiz

Bajo la dirección de los Doctores:

D. Antonio Fernández Cano

D. Manuel Torralbo Rodríguez

**GRANADA, 2005**

Esta tesis doctoral ha sido realizada en el Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación de la Universidad de Granada; dentro del Grupo de Investigación “Evaluación de la investigación y programas educativos andaluces” HUM-567 del Plan Andaluz de Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía y ha recibido financiación del Programa Nacional de Formación de Profesorado Universitario del Ministerio de Educación y Ciencia.

A mis padres por su continuo  
apoyo y confianza

## **Agradecimientos:**

A los doctores D. Antonio Fernández Cano y D. Manuel Torralbo Rodríguez, por haberme guiado, enseñado y mostrado el apasionante mundo de la investigación educativa. Sus valiosos consejos han dado como fruto el buen fin de este trabajo.

A mi hermana Vanesa y a Rafael por su comprensión y cariño.

A los profesores del departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico de la Educación; y especialmente, a los de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, por su inestimable e incesante información sobre la lectura de las últimas tesis doctorales, facilitándome en bastantes ocasiones sus propios ejemplares.

Al personal de biblioteca de las Universidades de Granada y Córdoba, así como también a los de las muchas universidades españolas que tuve que visitar. De todos ellos obtuve la mayor diligencia y colaboración en la recuperación de las tesis doctorales.

A los doctores que personalmente me proporcionaron ejemplares de sus propias tesis doctorales.

A tantos amigos y amigas que me han alentado y apoyado durante el tiempo que ha durado este fascinante trabajo.

## INTRODUCCIÓN

Durante décadas diversos autores han declarado la necesidad de realizar una valoración/evaluación de la actividad investigadora. Nuestro insigne Ortega y Gasset, ya manifiesta:

*Ésta (la ciencia) necesita de tiempo en tiempo, como orgánica regulación de su incremento, una labor de reconstitución, y [...] esto requiere un esfuerzo de unificación, cada vez más difícil que complica regiones más vastas del saber total.*

(Ortega y Gasset, 1929/1983; p. 115).

Más allá de las virtualidades de este tipo de investigaciones, de las que hablaremos a lo largo del desarrollo de este trabajo, queremos en estas pocas líneas, plantear los principales problemas que hemos encontrado. El más importante es la búsqueda y recuperación de la unidad objeto de análisis; pues supone solventar grandes problemas administrativos con las distintas bibliotecas universitarias, un amplio gasto económico en la reproducción de las mismas, escasa actualización de las bases de datos, pérdida o desorden de las tesis doctorales más antiguas, etc.

Por otra parte, y una vez recuperada la muestra, nos enfrentamos al tedioso trabajo que representa realizar un análisis cuantitativo. Cada una de las referencias bibliográficas de estas tesis doctorales, tienen que ser contabilizadas y clasificadas según fuentes, idioma, revistas más citadas, autores más citados, etc. Por lo que representa un enorme esfuerzo de persistencia y entusiasmo para una sola recolectora. Pero este trabajo, al contrario que el mito de Sísifo, tiene su fin y sus posteriores

recompensan; aportando al investigador una amplia y rica variedad de información de cada uno de los documentos y una amplia experiencia en la revisión de los mismos, además de una extensa visión panorámica del campo considerado aquí.

Con respecto a la estructura de este estudio, la primera parte consta de cinco capítulos, que tienen la intención de realizar una introducción sobre los aspectos más formales y conceptuales del contenido teórico de este trabajo. Específicamente en el capítulo uno, se explicita la racionalidad de la evaluación de la investigación, en el pasado y en el presente, deteniéndonos particularmente en la principales dimensiones de la evaluación de la investigación en el campo de la Educación. En el segundo capítulo se realiza un análisis detallado sobre la Ciencimetría, sus principales indicadores y leyes y los antecedentes que existen sobre ella en nuestro país. El tercer capítulo está dedicado, por entero a la Educación Matemática, desde una visión nacional e internacional; finalizando éste en las primeras tesis doctorales de Educación Matemática realizadas en nuestro país. En particular, se centra en una tesis defendida en 1857 en la Universidad Central de Madrid. El cuarto capítulo se centra en la idea de tesis doctoral, ahondando sobre la legislación relativa al respecto, el concepto actual de la misma y bases y catálogos que la indizan, tanto a nivel nacional como internacional. Por último, en el quinto capítulo, relativo a estudios longitudinales, se describe la diversidad existente en este tipo de estudios para acabar centrándonos en la aplicación de las series temporales y, concretamente, los modelos ARIMA.

La segunda parte del trabajo, la parte empírica, queda dividida en cuatro capítulos más. En el capítulo sexto se realiza la justificación de la investigación, estableciéndose los objetivos y las hipótesis que guían la investigación, la definición de los términos claves y la importancia de la misma. En el capítulo siete, se describe la población y muestra del estudio, los instrumentos utilizados en la recogida de información y, por ultimo, el diseño de la investigación. En el capítulo ocho, relativo al análisis de los resultados, se muestran los resultados de la investigación clasificándolos según el tipo de variables en: datos cienciométricos, conceptuales y metodológicos. El noveno capítulo está dedicado a las principales conclusiones del estudio, la consecución de los objetivos e hipótesis planteados en un principio y las posibles líneas futuras de investigación.

**I PARTE:**

**MARCO GENERAL Y CONCEPTUAL  
DE LA INVESTIGACIÓN**



## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	19
<b>Iª PARTE: MARCO GENERAL Y CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN</b>	21
<b>CAPÍTULO 1. ÁREA PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	23
1.1. Evaluación de la investigación: Conceptualización básica.	24
1.2. Clasificaciones de la evaluación de la investigación.	26
1.3. ¿Por qué evaluar? Racionalidad de la evaluación de la investigación.	27
1.4. Evolución en la evaluación de la investigación: Visión retrospectiva	29
1.5. Un modelo comprensivo/global para la evaluación de la investigación.	31
1.6. Principales dimensiones de la evaluación de la investigación educativa.	32
1.6.1. Evaluación como rendimiento de cuentas.	33
1.6.2. Evaluación como pauta para la mejora.	35
1.6.3. Control interno: Revisión por pares.	35
1.6.4. Evolución de la Ciencia.	39

---

<b>CAPÍTULO 2. LA CIENCIOMETRÍA: SU APLICACIÓN A LA EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	<b>41</b>
2.1. ¿Cienciometría o Bibliometría?	42
2.2. La Cienciometría como una metodología de evaluación.	44
2.3. Indicadores cuantitativos.	48
2.3.1. Indicadores personales.	50
2.3.2. Indicadores de productividad.	50
2.3.3. Indicadores de citación.	53
2.3.4. Indicadores de contenido.	57
2.3.5. Indicadores metodológicos.	57
2.4. Leyes básicas de la Cienciometría.	57
2.4.1. Ley del crecimiento de la información científica de Price.	57
2.4.2. Ley de la concentración y dispersión de la literatura científica de Bradford.	59
2.4.3. Ley de la productividad de autores científicos de Lotka.	61
2.5. Estudios cuantitativos en España.	63
2.5.1. Estudios cuantitativos del ámbito educativo.	64
2.6. Calidad científica e indicadores bibliométricos.	65
2.6.1. Carácter evaluativo: Usos y abusos.	66
<b>CAPÍTULO 3. LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA COMO CAMPO DE INDAGACIÓN</b>	<b>69</b>
3.1. Desarrollo histórico de la Educación Matemática en España.	70
3.2. Educación Matemática: Disciplina curricular.	71
3.3. La investigación en Educación Matemática: Perspectiva histórica universal.	74
3.4. Programas de doctorado de Educación Matemática en España.	77
3.5. Programa de doctorado de Educación Matemática en el	

---

ámbito nivel internacional.	79
3.6. Antecedentes de la investigación en Educación Matemática: Primeras tesis doctorales.	81
3.6.1. El precursor: Tesis de Acisclo Fernández Vallín y Bustillo (1857).	81
3.6.2. Tesis doctoral de Francisco Garriga Rodríguez (1965).	83
3.6.3. Tesis doctoral de Ana María Trillo de Garriga (1965).	84
3.6.4. Tesis doctoral de Margarita Bartolomé Pina (1968).	85
<b>CAPÍTULO 4. TESIS DOCTORALES.</b>	<b>87</b>
4.1. Historia y legislación.	88
4.2. Definición y concepto: Visión actual de la tesis doctoral.	90
4.3. Estudios sobre tesis doctorales.	90
4.3.1. Estudios cuantitativos y bibliométricos sobre tesis doctorales.	91
4.4. Catálogo y bases de datos.	93
4.4.1. Catálogos y bases de datos españolas sobre tesis doctorales.	93
4.4.2. Catálogos y bases de datos internacionales sobre tesis doctorales.	97
<b>CAPÍTULO 5. ESTUDIOS LONGITUDINALES Y SERIES TEMPORALES</b>	<b>103</b>
5.1. Estudios longitudinales: Visión general.	104
5.1.1. Estudios longitudinales en Educación Matemática.	106
5.2. Series temporales: Concepto general.	106
5.2.1. Componentes de una serie.	108
5.3. El enfoque moderno de las series temporales: Modelos ARIMA.	109
5.3.1. Fases de la metodología ARIMA.	110
5.3.2. Limitaciones del enfoque ARIMA.	113

---

<b>IIª PARTE: ESTUDIO EMPÍRICO</b>	115
<b>CAPÍTULO 6. INTRODUCCIÓN.</b>	117
6.1. Consideraciones generales sobre el problema a indagar.	117
6.2. Planteamiento y racionalidad del problema.	118
6.3. Revisión de la literatura.	119
6.4. Delimitación de los objetivos de la investigación.	123
6.5. Enunciado de hipótesis y su racionalidad.	124
6.6. Definición de términos clave.	125
6.7. Importancia del estudio.	126
<b>CAPÍTULO 7. MÉTODO.</b>	127
7.1. Población y muestra.	127
7.1.1. Secuencias de búsqueda en TESEO.	128
7.1.2. Selección y tamaño de la muestra.	129
7.1.3. Evaluación crítica de las tesis doctorales como fuentes documentales	129
7.2. Variables e indicadores del estudio.	131
7.2.1. Variables cuantitativas.	131
7.2.2. Variables conceptuales.	133
7.2.3. Variables metodológicas.	134
7.3. Instrumentos de recogida de datos.	135
7.3.1. Aproximación a la validez y fiabilidad de los instrumentos de recogida de datos.	136
7.3.2. Instrumentos de recogida de datos cuantitativos.	138
7.3.3. Instrumentos de recogida de datos conceptuales.	143
7.3.4. Instrumentos de recogida de datos metodológicos.	156
7.4. Diseño de la investigación.	168

7.4.1. Amenazas a la validez del diseño.	170
7.5. Tratamiento de los datos: Uso y gestión de las bases de datos generadas.	172
7.6. Procedimiento temporal del estudio.	172
<b>CAPÍTULO 8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.</b>	<b>175</b>
8.1. Técnicas de análisis de los resultados.	176
8.1.1 Particularidad de la aplicación de la técnica ARIMA.	177
8.2. Análisis longitudinal de los datos cuantitativos.	178
8.2.1. Variable 1. Producción general diacrónica.	178
8.2.2. Variable 2. Análisis diacrónico de los autores según género.	182
8.2.3. Variable 3. Productividad diacrónica de los directores.	187
8.2.4. Variable 4. Evolución diacrónica de los directores según género.	189
8.2.5. Variable 5. Colaboración inter-directores.	194
8.2.6. Variable 6. Evolución diacrónica de la productividad institucional.	199
8.2.7. Variable 7. Evolución diacrónica de la colaboración institucional.	205
8.2.8. Variable 8. Evolución diacrónica según centro de realización.	209
8.2.9. Variable 9. Evolución diacrónica del número de citas.	215
8.2.10. Variable 10. Evolución diacrónica del idioma de las citas.	219
8.2.11. Variable 11. Evolución diacrónica del idioma de las revistas.	226
8.2.12. Variable 12. Evolución diacrónica de las revistas más citadas.	232
8.2.13. Variable 13. Evolución diacrónica del idioma de los libros.	242
8.2.14. Variable 14. Evolución diacrónica de las fuentes de citación.	248
8.2.15. Variable 15. Evolución diacrónica de la antigüedad media de las citas.	257
8.2.16. Variable 16. Antigüedad promedio de la variabilidad de las citas.	261
8.2.17. Variable 17. Evolución diacrónica de los autores más citados.	265
8.2.18. Variable 18. Evolución diacrónica de la lengua de las tesis.	268
8.2.19. Variable 19. Evolución diacrónica del número de páginas.	271
8.2.20. Variable 20. Evolución diacrónica de la financiación.	275

---

8.3. Análisis longitudinal de los datos conceptuales.	279
8.3.1. Estructura factorial subyacente en las categorías conceptuales.	279
8.3.2. Variable 21. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Política educativa.	284
8.3.3. Variable 22. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Psicología educativa.	288
8.3.4. Variable 23. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Educación Matemática.	292
8.3.5. Variable 24. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Aritmética.	297
8.3.6. Variable 25. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Geometría.	301
8.3.7. Variable 26. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Materiales educativos.	305
8.4. Análisis longitudinal de los datos metodológicos.	309
8.4.1. Variable 27. Evolución diacrónica de paradigmas o enfoques metodológicos.	309
8.4.2. Variable 28. Evolución diacrónica de teorías.	317
8.4.3. Variable 29. Evolución diacrónica del enunciado del problema.	323
8.4.4. Variable 30. Evolución diacrónica del enunciado de los objetivos generales y específicos.	326
8.4.5. Variable 31. Evolución diacrónica del enunciado de hipótesis.	331
8.4.6. Variable 32. Evolución diacrónica de las metodologías de investigación.	335
8.4.7. Variable 33. Evolución diacrónica de los instrumentos de recogida de datos.	342
8.4.8. Variable 34. Evolución diacrónica de la validez de los instrumentos.	351
8.4.9. Variable 35. Evolución diacrónica de la fiabilidad de los instrumentos.	357
8.4.10. Variable 36. Evolución diacrónica de la unidad de análisis.	362
8.4.11. Variable 37. Evolución diacrónica del nivel educativo de la muestra.	368

---

8.4.12. Variable 38. Evolución diacrónica de las técnicas de muestreo.	373
8.4.13. Variable 39. Evolución diacrónica del tamaño de la muestra.	378
8.4.14. Variable 40. Evolución diacrónica del diseño de investigación.	381
8.4.15. Variable 41. Evolución diacrónica de la temporalidad de las investigaciones.	387
8.4.16. Variable 42. Evolución diacrónica de los tipos de estadísticos.	394
8.4.17. Variable 43. Evolución diacrónica del análisis cualitativo.	400
8.4.18. Variable 44. Evolución diacrónica de la triangulación.	404
8.4.19. Variable 45. Evolución diacrónica de los hallazgos de la investigación.	409
8.4.20. Variable 46. Evolución diacrónica de las cuestiones abiertas.	412
8.4.21. Variable 47. Evolución diacrónica de las implicaciones de la investigación.	417
<b>CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES GENERALES.</b>	<b>423</b>
9.1. Hallazgos sobre ajustes de las variables del estudio.	424
9.1.1. Resumen sobre ajustes de las variables cuantitativas.	424
9.1.2. Resumen sobre ajustes de las variables conceptuales.	426
9.1.3. Resumen sobre ajustes de las variables metodológicas.	427
9.2. Conclusiones generales de este estudio.	430
9.2.1. Conclusiones generales de las variables cuantitativas.	430
9.2.2. Conclusiones generales de las variables conceptuales.	435
9.2.3. Conclusiones generales de las variables metodológicas.	437
9.2.4. Tabla/Resumen de los hallazgos diacrónico-cuantitativos.	443
9.2.5. Tabla/Resumen de los hallazgos diacrónico-conceptuales.	445
9.2.6. Tabla/Resumen de los hallazgos diacrónico-metodológicos.	446
9.3. Alcance de objetivos.	449
9.4. Verificación de hipótesis.	449

9.5. Cuestiones abiertas y recomendaciones.	450
---	-----

<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>451</b>
----------------------	------------

<b>ANEXOS.</b>	<b>479</b>
----------------	------------

Anexo I. Glosario de acrónimos, siglas y abreviaturas.	481
--	-----

Anexo II. Hoja de caracterización cuantitativa, conceptual y metodológica de esta tesis.	485
---	-----

Anexo III. Relación de tesis doctorales estudiadas.	491
---	-----

Anexo IV. Tesis doctoral de Acisclo Fernández Vallín y Bustillo.	523
--	-----

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1. Cronología de la evaluación.	27
Tabla 2. Modelo comprensivo para la evaluación de la investigación.	31
Tabla 3. Indicadores cuantitativos.	49
Tabla 4. Tópicos de investigación según universidades.	78
Tabla 5. Catálogos de algunas de las universidades españolas.	97
Tabla 6. Enlaces de interés sobre tesis doctorales internacionales.	101
Tabla 7. Clasificación de estudios longitudinales.	105
Tabla 8. Diferencias entre el estudio de Torralbo (2001) y Vallejo (2005).	122
Tabla 9. Variables cuantitativas consideradas en este estudio.	131
Tabla 10. Variables conceptuales consideradas en este estudio.	133
Tabla 11. Variables metodológicas consideradas en este estudio.	134
Tabla 12. Características del diseño de investigación de este estudio.	169
Tabla 13. Amenazas a la validez del estudio y su control.	172
Tabla 14. Fases y momentos del estudio.	173
Tabla 15. Desarrollo diacrónico anual de la producción general.	178
Tabla 16. Valores-pronósticos de la productividad general en los siete años siguientes.	181
Tabla 17. Análisis diacrónico de los autores según género.	182
Tabla 18. Valores-pronóstico de la producción por géneros.	186
Tabla 19. Desarrollo diacrónico anual de la producción de los directores.	187

---

Tabla 20. Análisis diacrónico de los directores según género.	189
Tabla 21. Valores-pronósticos en la dirección de tesis doctorales.	194
Tabla 22. Desarrollo diacrónico anual de la colaboración entre directores.	195
Tabla 23. Valores-pronósticos de la dirección por parte de un solo director.	198
Tabla 24. Desarrollo diacrónico anual de la producción institucional (1975-2002).	199
Tabla 25. Valores-pronósticos de la producción de la UCM y UGR.	205
Tabla 26. Desarrollo diacrónico anual de la colaboración institucional.	206
Tabla. 27. Valores-pronósticos de la colaboración institucional (una institución).	209
Tabla 28. Desarrollo diacrónico anual de la producción según centro de realización.	210
Tabla 29. Valores-pronósticos de la producción en centros generalistas y especialistas.	215
Tabla 30. Desarrollo diacrónico anual del número de citas (valores promedio).	216
Tabla 31. Valores-pronóstico del número de citas.	219
Tabla 32. Desarrollo diacrónico anual del idioma de las citas (valor promedio).	220
Tabla 33. Valores-pronósticos de las citas en español e inglés.	225
Tabla 34. Desarrollo diacrónico anual del idioma de las revistas (valores promedio).	226
Tabla 35. Valores-pronósticos de las revistas en español e inglés.	232
Tabla 36. Revistas más citadas.	233
Tabla 37. Desarrollo diacrónico anual de la citación de revistas (valores promedio).	234
Tabla 38. Valores-pronóstico de las revistas.	241
Tabla 39. Desarrollo diacrónico anual del idioma de los libros (valores promedio).	242
Tabla 40. Valores-pronósticos del idioma de los libros.	248
Tabla 41. Desarrollo diacrónico anual de las fuentes de citación (valores promedio).	249
Tabla 42. Valores-pronósticos de las fuentes de citación.	256
Tabla 43. Desarrollo diacrónico anual de la antigüedad media de las citas.	257
Tabla 44. Valores-pronósticos de la antigüedad media de las citas.	260
Tabla 45. Desarrollo diacrónico anual de la variabilidad anual de las citas.	261
Tabla 46. Valores-pronósticos de la variabilidad anual de las citas.	264
Tabla 47. Desarrollo diacrónico anual de los autores más citados.	265
Tabla 48. Desarrollo diacrónico anual de las tesis doctorales según idioma.	268
Tabla 49. Valores-pronósticos de las tesis escritas en castellano.	271
Tabla 50. Desarrollo diacrónico de las tesis doctorales según número de páginas (valor promedio).	272

---

Tabla 51. Valores-pronósticos del número de páginas.	274
Tabla 52. Desarrollo diacrónico de la financiación de las tesis doctorales.	275
Tabla 53. Valores-pronósticos de la producción de tesis no financiadas.	278
Tabla 54. Desarrollo diacrónico anual de las variables conceptuales generales.	280
Tabla 55. Análisis factorial de las variables conceptuales generales.	282
Tabla 56. Análisis factorial de las variables conceptuales más indagadas.	283
Tabla 57. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Política educativa.	285
Tabla 58. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Política educativa.	287
Tabla 59. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Psicología educativa.	288
Tabla 60. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Psicología educativa.	291
Tabla 61. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Educación Matemática.	292
Tabla 62. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Educación Matemática.	295
Tabla 63. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Aritmética.	298
Tabla 64. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Aritmética.	301
Tabla 65. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Geometría.	302
Tabla 66. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Geometría.	305
Tabla 67. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Materiales educativos.	306
Tabla 68. Valores pronósticos de la categoría conceptual: Materiales educativos.	308
Tabla 69. Desarrollo diacrónico anual de los paradigmas de investigación.	309
Tabla 70. Valores-pronósticos de los paradigmas.	316
Tabla 71. Desarrollo diacrónico anual de las teorías.	318
Tabla 72. Valores-pronósticos de las teorías.	322
Tabla 73. Desarrollo diacrónico anual del enunciado del problema.	323
Tabla 74. Valores-pronósticos del enunciado del problema.	325
Tabla 75. Desarrollo diacrónico anual del enunciado de objetivos generales y específicos.	326
Tabla 76. Valores-pronósticos de los objetivos generales y específicos.	330
Tabla 77. Desarrollo diacrónico anual del enunciado de hipótesis.	331
Tabla 78. Valores-pronósticos del enunciado de hipótesis.	335

Tabla 79. Desarrollo diacrónico anual de las metodologías de investigación.	336
Tabla 80. Valores-pronósticos de las metodologías de investigación.	342
Tabla 81. Desarrollo diacrónico anual de los instrumentos de recogida de datos.	343
Tabla 82. Valores-pronósticos de los instrumentos de recogida de datos.	350
Tabla 83. Desarrollo diacrónico anual de la validez de los instrumentos.	351
Tabla 84. Valores-pronósticos de la validez de los instrumentos.	356
Tabla 85. Desarrollo diacrónico anual de los instrumentos de recogida de datos.	357
Tabla 86. Valores-pronósticos de la fiabilidad de los instrumentos.	362
Tabla 87. Desarrollo diacrónico anual de la unidad de análisis.	363
Tabla 88. Valores-pronósticos de las unidades básicas de análisis.	367
Tabla 89. Desarrollo diacrónico anual del nivel educativo de la muestra.	368
Tabla 90. Valores-pronósticos de los niveles educativos de la muestra.	372
Tabla 91. Desarrollo diacrónico anual de las técnicas de muestreo.	373
Tabla 92. Valores-pronósticos de las técnicas de muestreo.	377
Tabla 93. Desarrollo diacrónico anual del tamaño de la muestra.	378
Tabla 94. Valores-pronósticos del tamaño de la muestra.	381
Tabla 95. Desarrollo diacrónico anual del diseño de investigación.	382
Tabla 96. Valores-pronósticos de los diseños generales y específicos.	386
Tabla 97. Desarrollo diacrónico anual de la temporalidad de las investigaciones.	387
Tabla 98. Valores-pronósticos de la temporalidad de las investigaciones.	393
Tabla 99. Desarrollo diacrónico anual del tipo de estadísticos.	394
Tabla 100. Valores-pronósticos de los tipos de estadísticos utilizados.	400
Tabla 101. Desarrollo diacrónico anual del análisis cualitativo.	401
Tabla 102. Valores-pronósticos del análisis cualitativo.	403
Tabla 103. Desarrollo diacrónico anual de la triangulación.	404
Tabla 104. Valores-pronósticos de la triangulación.	406
Tabla 105. Desarrollo diacrónico anual de los hallazgos de la investigación.	409
Tabla 106. Valores-pronósticos de los hallazgos.	411
Tabla 107. Desarrollo diacrónico anual de las cuestiones abiertas.	412
Tabla 108. Valores-pronósticos de las cuestiones abiertas.	416
Tabla 109. Desarrollo diacrónico anual de las implicaciones de la investigación.	417
Tabla 110. Valores-pronósticos de las implicaciones de la investigación.	422
Tabla 111. Ajuste y tendencia de las variables cuantitativas.	424

Tabla 112. Ajuste y tendencia de las variables conceptuales.	426
Tabla 113. Ajuste y tendencia de las variables metodológicas.	427
Tabla 114. Principales hallazgos diacrónico-cienciométricos.	443
Tabla 115. Principales hallazgos diacrónico-conceptuales.	445
Tabla 116. Principales hallazgos diacrónico-metodológicos.	446

## FIGURAS

Figura 1. Rosa de los vientos de la investigación.	32
Figura 2. Curva del envejecimiento de la literatura en función del tiempo transcurrido.	54
Figura 3. Curva logística enunciada por Price.	58
Figura 4. Formulación gráfica de la ley de Bradford.	60
Figura 5. Estudios de investigación en Educación Matemática 1890-1988 en EE.UU.	76
Figura 6. Tesis y disertaciones en Educación Matemática de 1910 a 1988, en EE.UU.	80
Figura 7. Fases del modelo ARIMA.	112
Figura 8. Producción diacrónica de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002).	179
Figura 9. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la productividad general.	181
Figura 10. Producción diacrónica de autores según género (1975-2002).	183
Figura 11. Modelo ARIMA y Clásico de la producción de los autores.	184
Figura 12. Modelo ARIMA y Clásico de la producción de las autoras.	186
Figura 13. Productividad diacrónica de los directores más productivos (1975-2002).	188
Figura 14. Producción diacrónica de directores según género (1975-2002).	190
Figura 15. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los directores.	192
Figura 16. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las directoras.	193
Figura 17. Colaboración diacrónica entre directores (19075-2002).	196
Figura 18. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la colaboración entre directores.	198

Figura 19. Productividad diacrónica institucional (1975-2002).	200
Figura 20. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción de la UCM.	203
Figura 21. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción de la UGR.	204
Figura 22. Diacronía de la colaboración institucional (1975-2002).	207
Figura 23. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de una sola institución.	208
Figura 24. Producción de tesis doctorales según centros de realización (1975-2002).	211
Figura 25. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción generalista.	213
Figura 26. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción especialista.	214
Figura 27. Análisis de la varianza del número de citas, según años.	217
Figura 28. Modelo gráfico Clásico y ARIMA del número promedio de citas, según años.	218
Figura 29. Análisis de la varianza de los idiomas de las citas por años.	221
Figura 30. Análisis diacrónico del idioma de las citas (1975-2002).	222
Figura 31. Modelo gráfico Clásico y ARIMA de las referencias en español.	224
Figura 32. Modelo gráfico Clásico y ARIMA de las referencias en inglés.	225
Figura 33. Análisis de la varianza del idioma de las revistas.	227
Figura 34. Análisis diacrónico del idioma de las revistas (1975-2002).	228
Figura 35. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del idioma de las revistas.	230
Figura 36. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas en inglés.	231
Figura 37. Análisis diacrónico de las revistas más citadas (1975-2002).	235
Figura 38. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas propias generalistas.	237
Figura 39. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas propias especialistas.	238
Figura 40. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas externas generalistas.	239
Figura 41. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas externas especialistas.	240
Figura 42. Análisis de la varianza del idioma de los libros por años.	243
Figura 43. Análisis diacrónico del idioma de los libros (1975-2002).	244
Figura 44. Modelo ARIMA y Clásico de los libros en español.	246
Figura 45. Modelo ARIMA y Clásico de los libros en inglés.	247
Figura 46. Análisis de la varianza de las fuentes de citación por años.	250
Figura 47. Producción diacrónica de las fuentes de citación (1975-2002).	251
Figura 48. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los libros.	253
Figura 49. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas.	254

---

Figura 50. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las otras citas.	256
Figura 51. Análisis de la varianza de la antigüedad media de las citas.	258
Figura 52. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la antigüedad media de las citas.	260
Figura 53. ANOVA de la antigüedad promedio de la variabilidad anual de las citas.	262
Figura 54. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la variabilidad anual de las citas.	264
Figura 55. Citación diacrónica de los autores más citados (1975-2002).	267
Figura 56. Producción diacrónica de las tesis doctorales según idioma (1975-2002).	269
Figura 57. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las tesis escritas en castellano.	270
Figura 58. Análisis de la varianza del número de páginas de las tesis doctorales por año de realización.	272
Figura 59. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del número de páginas.	274
Figura 60. Producción diacrónica de tesis doctorales según financiación (1975-2002).	276
Figura 61. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las tesis no financiadas.	278
Figura 62. Análisis factorial de las variables conceptuales generales.	283
Figura 63. Análisis factorial de las variables conceptuales más indagadas.	284
Figura 64. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Política educativa (1975-2002).	285
Figura 65. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Política Educativa.	287
Figura 66. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Psicología educativa.	289
Figura 67. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Psicología educativa.	291
Figura 68. Producción diacrónica anual de la categoría conceptual: Educación Matemática (1975-2002).	293
Figura 69. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Educación Matemática.	295
Figura 70. Producción diacrónica de las variables: Psicología y Educación (1975-2002).	296
Figura 71. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Aritmética (1975-2002).	299
Figura 72. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Aritmética.	300

Figura 73. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Geometría (1975-20002).	302
Figura 74. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Geometría.	304
Figura 75. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Materiales educativos (1975-2002).	306
Figura 76. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Materiales Educativos.	308
Figura 77. Desarrollo diacrónico de los paradigmas (1975-2002).	310
Figura 78. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma nomotético.	312
Figura 79. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma interpretativo.	313
Figura 80. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma crítico.	314
Figura 81. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma complementarista.	316
Figura 82. Desarrollo diacrónico de las teorías (1975-2002).	319
Figura 83. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las teorías educativas.	320
Figura 84. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las teorías psicológicas.	322
Figura 85. Desarrollo diacrónico del enunciado del problema (1975-2002).	324
Figura 86. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del enunciado del problema.	325
Figura 87. Desarrollo diacrónico del enunciado de objetivos generales y específicos (1975-2002).	327
Figura 88. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los objetivos generales.	328
Figura 89. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los objetivos específicos.	329
Figura 90. Desarrollo diacrónico del enunciado de hipótesis (1975-2002).	332
Figura 91. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del enunciado de hipótesis.	333
Figura 92. Modelo ARIMA y Clásico del no enunciado de hipótesis.	334
Figura 93. Desarrollo diacrónico de las metodologías de investigación (1975-2002).	337
Figura 94. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la metodología cuantitativa.	338
Figura 95. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la metodología cualitativa.	340
Figura 96. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la metodología mixta.	341
Figura 97. Desarrollo diacrónico de los instrumentos de recogida de datos (1975-2002).	344
Figura 98. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de encuesta.	346

---

Figura 99. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de observación.	347
Figura 100. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de realización estandarizados.	348
Figura 101. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de realización no estandarizados.	350
Figura 102. Desarrollo diacrónico de la validez de los instrumentos (1975-2002).	352
Figura 103. Desarrollo diacrónico del enunciado o no de la validez.	353
Figura 104. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “sí utiliza” validez.	354
Figura 105. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “no utiliza” validez.	356
Figura 106. Desarrollo diacrónico de la fiabilidad de los instrumentos (1975-2002).	358
Figura 107. Desarrollo diacrónico del enunciado o no de la fiabilidad.	359
Figura 108. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “sí utiliza” fiabilidad.	360
Figura 109. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “no utiliza” fiabilidad.	361
Figura 110. Desarrollo diacrónico de la unidad básica de análisis (1975-2002).	364
Figura 111. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los alumnos.	365
Figura 112. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los profesores.	367
Figura 113. Desarrollo diacrónico de los niveles educativos de la muestra (1975-2002).	369
Figura 114. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de Elemental o Primaria.	370
Figura 115. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de ESO.	372
Figura 116. Desarrollo diacrónico de las técnicas de muestreo (1975-2002).	374
Figura 117. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del muestreo no aleatorio.	375
Figura 118. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando no se indica el tipo de muestreo.	376
Figura 119. Análisis de la varianza del tamaño de la muestra (1975-2002).	379
Figura 120. Modelo gráfico Clásico y ARIMA del tamaño de la muestra.	380
Figura 121. Desarrollo diacrónico de los diseños de investigación (1975-2002).	383
Figura 122. Desarrollo diacrónico de diseños generales y específicos (1975-2002).	383
Figura 123. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de diseño general.	385
Figura 124. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del diseño específico.	386
Figura 125. Desarrollo diacrónico de la temporalidad (1975-2002).	388
Figura 126. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estudios longitudinales.	389
Figura 127. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estudios transversales.	391

Figura 128. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de “no indica” la temporalidad.	392
Figura 129. Desarrollo diacrónico del tipo de estadísticos utilizados (1975-2002).	395
Figura 130. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estadísticos descriptivos.	396
Figura 131. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estadísticos inferenciales.	398
Figura 132. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estadísticos correlacionales.	399
Figura 133. Desarrollo diacrónico del análisis cualitativo (1975-2002).	401
Figura 134. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del análisis cualitativo.	403
Figura 135. Desarrollo diacrónico de la triangulación (1975-2002).	405
Figura 136. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando sí utiliza la triangulación.	406
Figura 137. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando no utiliza la triangulación.	408
Figura 138. Desarrollo diacrónico de los hallazgos de la investigación (1975-2002).	410
Figura 139. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando sí enuncia los hallazgos.	411
Figura 140. Desarrollo diacrónico de las cuestiones abiertas (1975-2002).	413
Figura 141. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando sí enuncian las cuestiones abiertas.	414
Figura 142. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando no enuncia las cuestiones abiertas.	416
Figura 143. Desarrollo diacrónico de las implicaciones de la investigación (1975-2002).	418
Figura 144. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las implicaciones prácticas.	420
Figura 145. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las implicaciones teóricas.	421

## **CAPÍTULO 1.**

### **Área problemática de la investigación: Evaluación de la investigación.**

El presente capítulo versa sobre la evaluación de la investigación como una preocupación que comparten la mayoría de países e instituciones para valorar los resultados de la investigación, determinando la calidad y la eficacia de las actividades científicas. En este sentido, se inicia el capítulo poniendo de manifiesto la necesidad de llevar a cabo un proceso de evaluación dentro del campo de la investigación; siendo ésta una actividad creciente en todos los ámbitos, no sólo en el científico.

Posteriormente, y tras realizar un breve recorrido histórico por la actividad de la evaluación dentro del ámbito científico, se presenta un modelo, denominado comprensivo, como un enfoque emergente que posibilita poder incluir todas las posibles modalidades o aproximaciones de la evaluación dentro del campo de las Ciencias Sociales y, concretamente, de las Ciencias de la Educación. Adicionalmente, se analizan las principales dimensiones de la evaluación: rendimiento de cuentas, pauta para la mejora, control interno y evolución de la ciencia; resaltando ésta última por constituir el fundamento teórico de este trabajo.

### **1.1. Evaluación de la investigación: Conceptualización básica.**

La evaluación de la investigación se entiende como una necesidad indispensable para el mundo científico. Se trata de una condición imprescindible para el avance de la comunidad científica y es vital para el progreso de cualquier campo de conocimiento. Ésta ha sido un elemento central en la vida de la ciencia. La evaluación tiene lugar en contratos de investigación, en qué informes son aceptados, para su publicación o para ser presentados en reuniones internacionales, etc.

El gran Popper (1997) ya nos advertía que:

*En la ciencia lo esencial es la actitud crítica. Primero creamos las teorías y después las criticamos. Como ante nuestras teorías solemos adoptar una actitud muy humana y tendemos a defenderlas, en vez de criticarlas, siendo como son nuestras, se produce entre los científicos una suerte de rivalidad entre amistosa y hostil. Si yo no adopto una actitud crítica ante mis teorías, habrá cientos de personas que se mostrarán críticas ante ellas en grado superlativo. Y, por fuerza, habremos de felicitarnos de su actitud (p. 57).*

La evaluación de la investigación es una actividad creciente dentro de los países miembros de la OCDE; y se efectúa tanto en el sector público como en el privado de un sistema científico, en cualquier organización y a todos los niveles. Esta actividad evaluativa analiza un amplio campo de acción, que va desde el desempeño individual, para determinar la calidad de éste, hasta el análisis de instituciones enteras. Y se fundamenta en varios factores, como la importancia cada vez mayor que las actividades *I+D+I* (Investigación + Desarrollo + Innovación) ejercen en el desarrollo económico, político y cultural, por lo que resulta esencial para el establecimiento de prioridades y para la elaboración de presupuestos.

Otro de los aspectos a destacar dentro de la evaluación de la investigación es la tensión originada por la propia evaluación. En el caso de la evaluación dentro del ámbito universitario, ésta tiene múltiples derivaciones, desde determinar el liderazgo hasta el mantenimiento de la calidad de diversas disciplinas.

Pero también la evaluación incurre en una serie de costos directos e indirectos, como el costo de oportunidad del tiempo: el costo desde el punto de vista de tiempo e interrupción. En definitiva, el costo de una evaluación debería ser proporcionado a la escala, importancia e innovaciones de un programa de investigación (Solís, 2000).

Estas demandas evaluativas han hecho que la evaluación se convierta en un instrumento para determinar cambios, asignaciones de recursos y para evaluar el desempeño científico y de calidad de áreas de conocimiento y departamentos. Todo ello ha provocado que la evaluación provoque sentimientos reticentes en los agentes investigadores y en la propia estructura organizativa.

En España, la Universidad se ha caracterizado durante mucho tiempo por una falta de tradición en la existencia de controles externos que ayudasen a mejorar e impulsar la calidad de la producción científica de los profesores universitarios (Rico, 1995).

Esta realidad se ha ido modificando, a lo largo de los años, imponiendo medidas tan controvertidas como la valoración de la investigación realizada por los profesores universitarios a través de los conocidos “tramos de investigación” nacional (de Miguel, 1997) o autonómicos (Generalitat de Cataluña, 1999; Junta de Andalucía, 2004), que han repercutido directamente en el prestigio del propio profesorado y en su estipendio económico; o poniendo en marcha planes sobre la calidad universitaria, para fomentar la excelencia docente, como el llevado a cabo por la Universidad de Granada desde el año 2000 o el que desarrolló la Universidad de Barcelona (véase Escribano y Viladiú, 1996).

En síntesis, la importancia de la evaluación es una preocupación generalizable a distintos ámbitos, permitiendo así tomar decisiones más ajustadas con respecto a la investigación y a todos los campos sobre los que ella gravita; tratándose pues, de una actividad hartamente compleja, en la que se dilucida sobre una multitud de campos y en la que intervienen agentes y factores muy diversos.

## 1.2. Clasificaciones de la evaluación de la investigación.

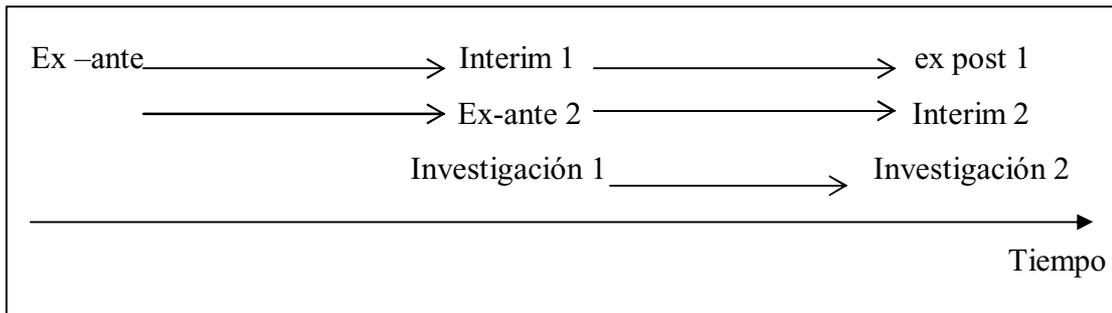
Las evaluaciones pueden clasificarse atendiendo a dos criterios: según a quién se va a evaluar o el momento en que se realiza la evaluación. Atendiendo al primer criterio, la evaluación puede hacerse en tres niveles diferentes. El primer nivel lo conformaría la evaluación de autores de la investigación, de equipos o laboratorios donde se realiza dicha evaluación. El segundo nivel corresponde a los operadores de la investigación (*research operators*). Estos operadores se corresponden con dos grandes grupos: programas y organizaciones. El tercer nivel está constituido por los sistemas de investigación, cuya medida y naturaleza es variante; aunque tienen en común un número elevado de actores y operadores. Así, podemos hablar de sistemas de investigaciones nacionales, locales, o referidas a una disciplina científica o a un área tecnológica a nivel internacional (Bellavista, Guardiola, Méndez y Bordons, 1997).

Atendiendo al segundo criterio, según el momento en que se realiza la evaluación, ésta puede ser: *Ex-ante*, simultánea y *ex-post*.

1. *Ex-ante*: Se asocia con la formulación y ejecución de la política para la investigación. No obstante, según el nivel en el cual nos refiramos (gobierno, instituciones o laboratorios), su función e importancia va a ser modificada. Esto puede explicar la importancia de la evaluación *ex-ante* en el establecimiento de las prioridades de investigación; siendo para las universidades un tipo de evaluación poco significativa en la medida en que se prioriza la decisión presupuestaria en todos los casos. Creándose de este modo una doble paradoja, pues se lamenta de que este tipo de evaluación, además de esta función explicitada no sea utilizada como medio para favorecer una programación.
2. Para muchos observadores, la evaluación *interim* también denominada *on going* o simultánea, es una herramienta muy importante para la toma de decisiones durante el desarrollo de la propia investigación.
3. La evaluación *ex-post* hace referencia a una evaluación de los resultados obtenidos, realizando un análisis del modo en que los recursos y medios

destinados han sido utilizados en comparación con los objetivos iniciales. También es preciso destacar que el fin de un programa científico no es seguido necesariamente por una evaluación, ya que pueden tener lugar más de una evaluación al término de éste. De hecho, la detección de las implicaciones de un programa probablemente conformen el intervalo de tiempo más largo.

Tabla 1. Cronología de la evaluación



### 1.3. ¿Por qué evaluar? Racionalidad de la evaluación de la investigación.

La evaluación de la investigación es una preocupación extensible a una amplia variedad de contextos; prueba de ello es la amplia bibliografía que existe (véase Fernández Cano, 1995; Kostoff, 2001; López Baena, 2001; Ryan y Schwandt, 2002; Solís, 2000 y Stufflebeam y Wingate, 2003).

Desde el punto de vista de la realidad económica, este interés se hace más visible e imperativo a partir del año 1980. Con la crisis del petróleo de 1973 y 1974 y a lo largo de la recesión económica que le siguió, la actividad evaluadora aumentó buscando un mayor ajuste presupuestario. Para la mayoría de las agencias de investigación del gobierno, así como también para las universidades, esta recesión implicó un periodo de austeridad y de evaluación (revisión) continua. Tal aumento de la evaluación investigadora queda limitado por un prefijado gasto económico; este hecho provocó que algunas universidades tuviesen un presupuesto de crecimiento negativo en términos absolutos.

Otra de las razones para llevar a cabo la evaluación es el cambio social que ha tenido lugar en estos últimos 25 años en la mayoría de los países. Durante este tiempo se ha testificado una gran eclosión de actividades científicas y tecnológicas que han provocado un cambio en la investigación, pasando ésta de un nivel individual (“líderes científicos”) a un nivel colectivo. Este cambio también ha provocado, quizás como uno de los elementos más novedosos, una conciencia creciente de competitividad; considerándose este fenómeno por algunos autores como dos caras de una misma moneda.

A estas causas se les añaden las reseñadas por Kostoff (1998):

- ¿Cuál ha sido la amplitud de los impactos a largo plazo?
- ¿Y su éxito e impacto reciente?
- ¿Cuál es el conocimiento ganado con la investigación?

A estas preguntas y a la planteada en un principio, por qué evaluar, Fernández Cano (1995) ofrece las siguientes respuestas:

- ? Adecuar la praxis investigadora a las normas prescriptivas del desarrollo de la ciencia, dependiendo de cada disciplina o campo disciplinar.
- ? Seleccionar informes de investigación de calidad para su posterior publicación, o para realizar una posterior síntesis o meta-análisis.
- ? Valorar la calidad y viabilidad de proyectos de investigación.
- ? Justificar con rigor la inclusión de estudios en bases de datos y centros de documentación. Ello permitirá superar la saturación actual de trabajos almacenados sin ningún control de calidad.
- ? Valorar la producción investigadora personal en momentos de promoción o selección.
- ? Fomentar la competitividad entre investigadores.
- ? Marcar una correcta productividad *per cápita*, baremar los departamentos universitarios, equipos y centros de investigación, e identificar centros de excelencia.
- ? Juzgar la valía, difusión e interés de instrumentos de medida estandarizados al objeto de incluirlos en compendios y anuarios.

- ? Considerar los aspectos éticos y/o deontológicos inherentes a la investigación con seres vivos para cuestionar y denunciar, si la hubiese, cualquier violación de los estándares comúnmente aceptados.
- ? Valorar la investigación subvencionada según criterios de productividad y eficacia.
- ? Orientar la toma de decisiones políticas e inversiones económicas.

En definitiva, se trata de valorar tres tipos de impacto: impacto en el conocimiento, impacto económico e impacto social. Los impactos de conocimiento se miden a través de técnicas bibliométricas, y se basan en las citas recibidas por el documento (publicación científica) y/o en el desarrollo de patentes. Con respecto a los impactos económicos, se dispone de indicadores normalizados para considerar la balanza de pagos de la tecnología. Y, por último los sociales, de los que no existe ningún tipo de indicador normalizado.

#### **1.4. Evolución en la evaluación de la investigación: Visión retrospectiva.**

La aproximación histórica es una buena vía para conocer y comprender la concepción, funciones y ámbitos de la evaluación a lo largo del tiempo.

El interés y necesidad explícita por llevar a cabo una evaluación de la actividad investigadora se verá condicionada por factores como los que señala Escudero (2003):

- Florecimiento de las corrientes filosóficas positivas y empíricas que apoyaban a la observación, la experimentación, los datos y los hechos como fuentes de conocimiento verdadero.
- Influencia de las teorías evolucionistas y los trabajos de Darwin, Galton y Cattell, apoyando la medición de las características de los individuos y las diferencias entre ellos.
- Desarrollo de métodos estadísticos orientados a una visión métrica de la época.
- Desarrollo industrial que potencia la necesidad de crear mecanismos de acreditación y selección.

Tradicionalmente se han utilizado procedimientos instructivos como referentes implícitos, los cuales no venían acompañados por una teoría explícita para valorar, estimar, en definitiva; para evaluar. Pero, en un determinado momento, el paso de la práctica inicial de reunir e imprimir manuscritos, sin evaluación competente de su contenido, excepto la del propio autor; a la práctica de legitimar el manuscrito a través de la evaluación de revisores institucionalmente asignados y ostensiblemente competentes.

Ese momento fue a mediados del siglo XVIII, cuando la *Royal Society* de Edimburgo desarrolló técnicas de evaluación y aprobación de manuscritos casi similares a las de hoy día, con la intencionalidad de preservar la credibilidad y prestigio de la propia institución. Este considerable avance fue debido, ante todo, a la egregia figura de Henry Oldenburg, comisionado en 1665 por la *Royal Society*, para hacer frente a este tipo de problemas: asegurar la propiedad intelectual e inspeccionar los manuscritos (Fernández Cano, 1995). Esta fue la razón que transformó un artefacto social en una técnica para acumular información. Dicho autor insiste en que el motivo fue el establecimiento y mantenimiento de la propiedad intelectual de las prioridades; ya que era necesario que el científico sintiese y reclamase el conocimiento obtenido como propio. Así pues, las revistas científicas, cuyos inicios fueron servir al experto agobiado de información, llegaron a ser un medio para la competición entre personas y paradigmas.

Habría que destacar dos grandes figuras en el ámbito de la evaluación; que con sus aportaciones originaron una nueva concepción de este tipo de prácticas. Uno de ellos es Ralph W. Tyler, considerado como el padre de la evaluación educativa, el cual plantea la necesidad de una evaluación científica que sirva para perfeccionar la calidad de la educación. Otra de las figuras a destacar en esta época es la de Lee Joseph Cronbach, que plantea la evaluación desde estas premisas:

- El concepto de evaluación ha de asociarse a la toma de decisiones en torno al perfeccionamiento y la calidad de la investigación.
- La evaluación irá dirigida hacia la mejora.

- La necesidad de que los estudios evaluativos sean de tipo comparativo y criterial.
- Todo esto desde una visión complementarista o multiplista de la evaluación.

Los aportes de estos insignes expertos en evaluación educativa podrían ser aplicables, y ésta quizás sea una tarea teórico pendiente, al ámbito específico de la evaluación de la investigación.

### 1.5. Un modelo comprehensivo/global para la evaluación de la investigación.

La pluralidad de modelos existente en la evaluación de la investigación confluye en la emergencia de un modelo denominado comprehensivo; consistente en la teoría de la comparación social, enunciada por Festinger y su posterior integración con la teoría de Goethals y Darley (citados en Fernández Cano, 1995).

Este modelo, según Fernández Cano (1995), genera un proceso evaluativo plural que pretende comprender, contener o incluir todas las posibles modalidades o aproximaciones a la evaluación, en Ciencias de la Educación, ante todo, y en otras Ciencias Sociales, considerando dos dimensiones: el momento (pasado, presente y futuro) y el modo conceptual (formal o cuantitativo e informal o cualitativo).

Tabla 2. Modelo comprehensivo para la evaluación de la investigación.

	<b>Formal</b>	<b>Informal</b>
Anterior/pasado (Antecedentes)	Variables presagio: - Tangibles - Intangibles	- Criterios de la filosofía de la ciencia - Racionalidad interna - Racionalidad externa - Uso sólo de descriptores
Inmediata/presente (Contenido)	Revisión por pares	Comentario de pares
Mediata/futuro (prospectiva)	Valoración del impacto Valoración de la de patentes, útiles...	Criterios de la ciencia de la historia

Esta modelización no es rígida ni pretende englobar la pluralidad de modelos afines. De hecho, hay categorías que aglutinan varios modelos.

### 1.6. Principales dimensiones de la evaluación de la investigación educativa.

Las dimensiones de la investigación han sido definidas, en este estudio, como las finalidades de la actividad evaluadora interrelacionadas con los campos de aplicación de la misma, entendiéndose por investigación una actividad cuya naturaleza y cuyos resultados pueden ser analizados según cinco dimensiones principales: sistemas de enseñanza, mercado, administración, políticas públicas y comunidad científica (Callon, Courtial y Penan, 1995).

Como justificación en la selección de dichas dimensiones o finalidades hemos recogido la figura 1, en la que quedan representadas las principales dimensiones que constituyen la investigación, y que se conoce con el nombre de “Rosa de los vientos”. Nombre dado por el *Centre de Sociologie de l’Innovation de la Ecole Nationale Supérieure des Mines* (Centro de Sociología de la Innovación de la Escuela de Minas de París).

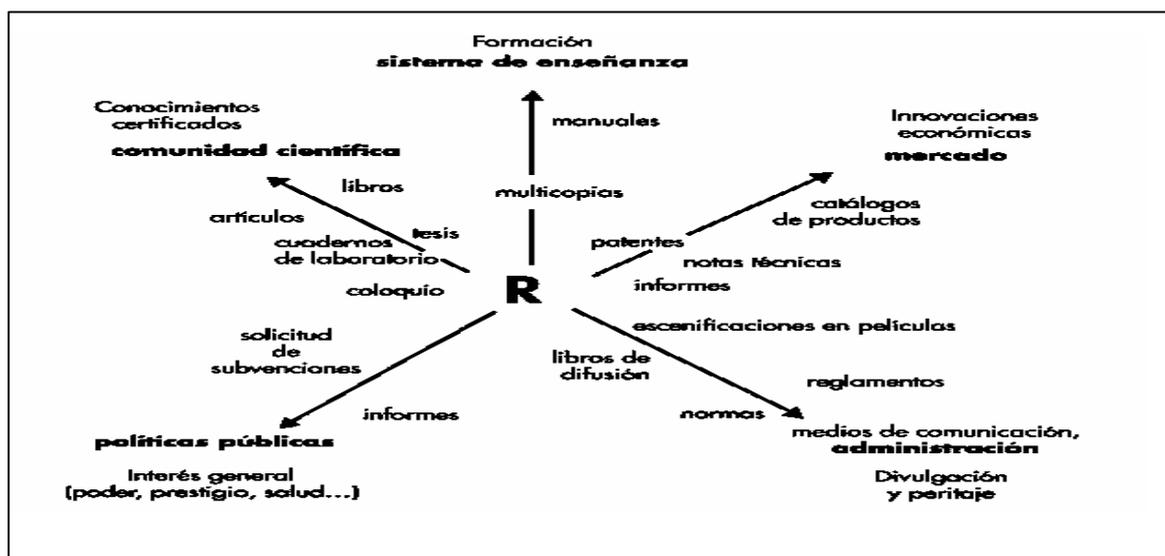


Figura 1. Rosa de los vientos de la investigación.

Tomado de: Callon *et al.*, 1995

### 1.6.1. Evaluación como rendimiento de cuentas.

La evaluación de las actividades científicas tiene principalmente dos objetivos (Bellavista *et al.*, 1997):

1. Distribuir eficazmente los posibles recursos existentes entre los investigadores y las instituciones.
2. Servir de ayuda en la toma de decisiones político-científicas, en el establecimiento de prioridades, en la reorientación de un programa, en el surgimiento de nuevos programas de investigación, entre otros.

En los Estados Unidos, a principios de los años sesenta y ante el crecimiento extraordinario de la empresa científica, Weinberg, miembro del *President Scientific Advisory Comite*, empieza a especular sobre la limitación de financiación de la ciencia; siendo inevitable una selección a la hora del reparto económico ( Solís, 2000). De este modo, la evaluación acometería la ardua tarea de proporcionar datos con los que hacer un juicio que apoye la distribución del dinero que se invierte en investigación.

En los países occidentales, autores como Irvine y Martín (1981) realizan planteamientos parecidos. Éstos estiman que, debido a la recesión económica, los gastos presupuestarios, incluidos los destinados a la investigación, deben estudiarse meticulosamente. Para llevar a cabo de forma efectiva esta distribución presupuestaria, establecen la utilización de la evaluación sistemática de los resultados obtenidos por cada uno de los proyectos de investigación financiados.

Asimismo, la evaluación de la investigación debe ayudar a minimizar el mal empleo de los recursos, ayudándose de técnicas analíticas que permitan examinar la forma en la que futuros investigadores se forman, cómo se les financia, y que haga factible el seguimiento y evaluación de los productos de las investigaciones (Bellavista, Guardiola, Méndez y Bordons, 1991). Este sistema de subvención debe seguir tres directrices básicas, que son delimitadas por las entidades y organismos que subvencionan tales proyectos (Pao y Goffman, 1986). En un primer momento, analizar el impacto; es decir, las repercusiones de los resultados obtenidos en un área

determinada, proporcionando adicionalmente, si es posible, conocimientos valiosos para futuras investigaciones. En segundo lugar, analizar la existencia de alguna “laguna” o vacío en el conocimiento. Este vacío en el conocimiento puede venir determinado por una escasez de trabajos de investigación en torno a un determinado tema o tópico; o porque los trabajos existentes no hayan alcanzado conclusiones fidedignas y válidas. En último lugar, asegurar la viabilidad del programa. Para ello, debe de realizarse un análisis de las solicitudes efectuadas sobre la base de la calidad del proyecto así como de las posibilidades de producir un avance científico.

A este respecto existen varios estudios clásicos que examinan las conexiones entre la investigación básica, orientada a hallar nuevos conocimientos sin una finalidad predeterminada, y los desarrollos específicos; utilizando para ello la evaluación del impacto de la investigación (Kostoff, 2001). Estos estudios clásicos son: el Proyecto *Hindsight*, DOE, TRACES y DARPA. La finalidad del proyecto *Hindsight* fue un estudio retrospectivo realizado por el Departamento de Defensa americano en los años sesenta para identificar los elementos clave de la gestión y organización en la productividad de la investigación, además de asegurar la viabilidad de los resultados de las investigaciones. Este proyecto explica cómo desde la investigación básica dirigida, hasta los sistemas de desarrollo emergentes pasa un periodo de tiempo medio de nueve años. Aunque Kostoff intuye que en la actualidad este lapso de tiempo sería más breve.

El proyecto TRACES (*Technology in Retrospect and Critical Events in Science*) se dedica a buscar elementos y situaciones que comporten innovaciones tecnológicas relevantes. Este proyecto determina que el 70% de los elementos de investigación, claves para el avance hacia innovaciones concretas, se basan en investigación no orientada; un 20%, en investigación dirigida; y un 10%, en el desarrollo y aplicación. A este estudio le siguieron otros, con una metodología similar.

Los estudios *Accomplishment* fueron realizados a partir de proyectos de alto impacto seleccionados, especialmente de aquellos financiados por DARPA y por el Departamento de Energía americano, tuvieron como objetivo identificar las causas de éxito y del impacto de estos proyectos.

### 1.6.2. Evaluación como pauta para la mejora.

El potencial de la evaluación como pauta para la mejora es de gran utilidad al identificar aquellos aspectos positivos, y también negativos, de lo evaluado; llevándose a cabo una evaluación integral, sistemática e innovadora, fundamentada en evidencias que permiten la mejora a corto y medio plazo y la valoración progresiva de los avances.

Las premisas para llevar a cabo esta evaluación, según el *Program Evaluation Standard* (véase Martínez Mediano, 2000) son:

- *Normas de utilidad*: Los estándares de utilidad guiarán la evaluación de tal forma que sean relevantes, oportunos y de influencia. Deben facilitar informes basados en evidencias sobre aspectos positivos y negativos y deben aportar soluciones de mejora.
- *Normas de viabilidad*: Deben asegurar que la evaluación es realista y prudente, utilizando procedimientos que sean eficientes.
- *Normas de honradez*: Para asegurar que la evaluación es conducida legal y éticamente, basada en compromisos explícitos.
- *Normas de precisión*: Para garantizar que la evaluación revela y comunica la información encontrada; proporcionando conclusiones válidas y fidedignas. La información debe ser técnicamente adecuada y los juicios deben ser coherentes con los datos.

### 1.6.3. Control interno: Revisión por pares.

Otra de las finalidades más importantes de la evaluación de la investigación es la de servir como control para valorar la calidad de la investigación. Este control puede ser ejercido para la publicación de un artículo en una revista especializada o para la presentación de un proyecto de investigación, entre otros. Este tipo de evaluación se conoce con el nombre de revisión por pares o *peer review*; pudiendo ser definida como un sistema de evaluación cualitativa utilizada para la evaluación de proyectos y manuscritos, quedando fundamentada en la opinión de expertos externos en la materia a evaluar (Fernández Cano, 1995).

Existen tres tipos de revisión por pares:

1. *Direct peer review* (revisión directa o inmediata). Revisión realizada por compañeros científicos efectuada específicamente con la proposición de determinar y acordar el mérito de una cuestión científica. La revisión por pares directa es el método más generalizado, y comúnmente aceptado, para alcanzar un juicio sobre la calidad científica de una propuesta o grupo de propuestas. Las críticas de este método surgen cuando se aplica cruzando especialidades o cuando los recursos se limitan severamente (véase Hamilton, 2003; Quinlan, 2002 y Tobin y Roth, 2002).
2. *Revisión por pares modificada*. Este tipo de revisión es similar a la anterior, pero los criterios incluyen consideraciones socio-económicas. Ejemplo: para áreas estratégicas y aplicadas a la ciencia, así como también para esos casos en los que se requiere una visión general de la ciencia.
3. *Revisión por pares indirecta*. Agrega información cuantitativa sobre la evaluación realizada por unos pares para pronósticos diferentes y a veces en diferente tiempo.

Esta actividad puede agregarse en dos categorías generales:

- Indicadores basados en sistemas de gratificación.
- Indicadores basados sobre publicaciones (análisis bibliométricos).

Ambas categorías tienen antecedentes históricos que provienen de la preocupación de los científicos por medir su ambiente. Sin embargo, en las dos últimas décadas ha emergido la aplicación de indicadores cuantitativos a la evaluación. La más notable evaluación de este tipo ha sido la realizada por el *National Science Board* de los Estados Unidos que comenzaron en 1972 en la que han incluido datos bibliométricos y de otros tipos de datos.

La revisión por pares debe distinguirse de otras evaluaciones que también realizan los propios científicos, como es la “evaluación cognitiva” (Van Raan, 1989);

entendida ésta como la evaluación dirigida a la conc esión de ayudas y becas para universidades, centros de investigación o institutos.

Actualmente, la revisión por pares es considerada como uno de los medios más efectivos para valorar la calidad de la investigación (véase Jayasinghe, Marsh y Bond, 2001), hecho que ha estado presente en la introducción de este contenido en algunos congresos; por ejemplo, en el I Congreso Internacional de la revisión por pares, bajo el título *Guarding the guardians, research on editorial peer review* -Guardando a los guardianes, investigación sobre revisión por pares - (JAMA, 1990).

Habría que señalar que, en torno al tema, se han suscrito algunos sesgos y/o críticas recogidos por autores como Fernández Cano, 1995; Loehle, 1990; Travis y Collins, 1991. A continuación, recogemos algunos de ellos:

- Los expertos emiten sus opiniones influenciados por su “escuela de formación”.
- En los revisores puede existir un desacuerdo entre los que se considera interesante para investigar, sobre todo si se trata de una investigación novedosa.
- Posibilidad de detectar el origen de las propuestas evaluadas.
- La afiliación institucional del autor puede influir en la revisión, manifestándose una predisposición científica de los revisores a favor de autores que proceden de instituciones similares a la suyas o de la pertenencia de ambos a un mismo grupo o asociación nacional.
- Este tipo de revisión requiere que se fundamenten y j ustifiquen cada uno de los pasos, imposición nada realista ya que la investigación puede que se realice o no.
- Una escasez presupuestaria puede afectar a la decisión final de los expertos.
- Los resultados estadísticamente significativos (positivos) son casi prerequisite para publicar en ciencias sociales, cuando tal condicionamiento es mucho menos crítico en ciencias naturales.

#### 1.6.4. Evolución de la Ciencia.

La cuarta finalidad de la evaluación de la investigación, recogida en este estudio, es la relativa a la evolución de la ciencia. Al abordar cualquier problema relacionado con la medición de la ciencia se suele partir de una serie de convenciones. En primer lugar, los trabajos acerca de indicadores de ciencia y tecnología consideran a ésta (la ciencia) como una caja negra, que se nutre de insumos (*inputs*) y origina productos (*outputs*).

Para la Cienciometría, la ciencia puede visualizarse como un proceso de insumos-productos: ciertos recursos alimentando esa “caja negra”, donde emergen ciertos productos como resultado de los insumos. (Velho, 1994).

En suma, se trata de reflejar la necesidad que tiene toda ciencia de “volver sobre sus pasos” haciendo una valoración/evaluación de su trayectoria. Autores como Kuhn (1975), hicieron explícita esta necesidad de realizar investigaciones cuya finalidad fuera la de explicar la causa por la que la ciencia progresa y el modo en que se produce tal progresión. Este tipo de investigación ha llevado a la búsqueda de una serie de indicadores para evaluar la calidad, el impacto y la evolución de la ciencia; estos indicadores que deben de ser considerados de forma parcial, pues cada uno de ellos tiene en cuenta aspectos distintos y determinan, de forma unilateral, las contribuciones científicas a la investigación.

Álvarez Rojo y Hernández (1997) expresan la escasez de estudios de revisión y evaluación sistemática que se realizan en nuestro país, dentro del campo de la Educación. Estos autores entienden por revisión “el análisis de los trabajos publicados (libros, artículos, y otros materiales) sobre un determinado tema, en un periodo de tiempo dado con objeto de determinar la estructura subyacente y las líneas de desarrollo de ese tópico en ese lapsus temporal” (p. 80).

En definitiva, para conocer y evaluar la evolución de la ciencia, en general, o de cualquier área de conocimiento, en particular, se hace imprescindible la evaluación de la misma a través de una serie de indicadores. Ello nos permitirá obtener información

sobre la capacidad investigadora la propia área de conocimiento, el número de tesis o tesinas que se han dirigido en cada momento, la notoriedad y el alcance de sus publicaciones, entre otras.



## **CAPÍTULO 2.**

### **La Cienciometría:**

#### **Su aplicación a la evaluación de la investigación.**

La Cienciometría, junto con la Bibliometría e Informetría, son conceptos bastante bien definidos y diferenciados; aunque será una clarificación de estos conceptos lo que nos ocupe los primeros epígrafes de este capítulo; posteriormente, se identificarán y describirán los distintos indicadores bibliométricos, que se dividen en cinco categorías: productividad personal e institucional, citación, relativas al contenido y, por último metodológicas; según la clasificación realizada por Fernández Cano y Bueno (1999).

Adicionalmente se realizará una breve presentación de las leyes más importantes de la Cienciometría; destacando tres de ellas: la ley del crecimiento de la información científica enunciada por Price, la ley de concentración y dispersión de la literatura científica de Bradford y la ley de la productividad de autores de Lotka.

Posteriormente se acometerá un análisis sobre los estudios cienciométricos más importantes en España, indicando los centros neurálgicos más importantes donde se concentran estos trabajos; haciendo mayor énfasis en los estudios cienciométricos relativos a la Educación.

Y para finalizar, se indagará sobre cuestiones de calidad científica y su relación con el uso de indicadores bibliométricos, y sobre los usos y abusos que se realizan de estos mismos en materia de evaluación.

## 2.1. ¿Cienciometría o Bibliometría?

Desde que Vassily V. Nalimov acuñó el término Cienciometría en los años 60, este término ha crecido en popularidad y se usa para describir, el estudio de la ciencia: el crecimiento, su estructura, las interrelaciones y la productividad. La Cienciometría tiene intereses comunes con la Bibliometría e Informetría, lo que ha dado lugar a una cierta confusión y problemática en torno a estos conceptos. Esto lleva a que en la Cuarta Conferencia Internacional de Bibliometría, Informetría y Cienciometría, Glänzel y Schoepflin (citado en Hood y Wilson, 2001) presenten un trabajo en el que expresan, que este campo está en crisis. A dicho trabajo le siguen unas inmediatas réplicas por parte de van Raan (1994; 1997).

Tal confusión terminológica, infundada según van Raan, ha provocado que un gran número de autores hayan delimitado, con la mayor exactitud, estos conceptos: Callon *et al.*, 1995; Ferreiro, 1993; Garfield, 1983; Hood *et al.*, 2001; Gómez y Bordons, 1996.

Una definición introductoria, pues trataremos el concepto con más detalle en epígrafes posteriores, sobre qué se entiende por Cienciometría, es la que aporta Callon *et al.* (1995) quienes la definen como aquellos trabajos dedicados al análisis cuantitativo de la actividad científica y técnica. Disciplina que se ha dedicado al análisis de documentos escritos por los investigadores (artículos, informes, patentes), al análisis de las instituciones e incluso, de los propios investigadores; aplicando a ella su propio método.

Por su parte, la Bibliometría se interesa principalmente por problemas de gestión, preocupándose por el estudio cuantitativo de las realizaciones científicas expresadas básicamente en formato papel. Algunas definiciones son:

- La aplicación de métodos estadísticos y matemáticos dispuestos para definir los procesos de la comunicación escrita y la naturaleza y desarrollo de distintas facetas de dicha comunicación (Pritchard, 1969).

- Aplicación de las matemáticas y de métodos estadísticos, a libros y otros medios de comunicación, para informar sobre los procesos de la comunicación escrita y de la naturaleza y curso del desarrollo de una disciplina (Amat, 1995).
- Codificación numérica de las características bibliográficas de la documentación, y su tratamiento fundamentalmente estadístico y matemático, que hace posible la obtención de indicadores bibliométricos necesarios para evaluar dichas características (Ferreiro, 1993).

La Informetría, traducida de la expresión inglesa *Informetrics*, se define como el estudio de aspectos cuantitativos de la información y de las relaciones que presentan los sistemas de investigación científica con otros campos de la actividad social. No se limita sólo a lo científico. La introducción de este concepto se le atribuye al alemán Otto Nacke, quien lo utilizó por primera vez en 1979. En este concepto no profundizaremos, al alejarse de nuestro campo de interés.

La Cienciometría y la Bibliometría se han concentrado en pocas y bien definidas áreas:

- Uso de información registrada: libros, bases de datos, revistas científicas.
- Aspectos estadísticos del lenguaje: número de palabras-clave, frecuencia de citación de frases.
- Características de la relación autor-productividad, medida por el número de trabajos publicados.
- Características de las fuentes de publicación, sobre todo de la distribución de artículos sobre una disciplina insertos en revistas.
- Análisis de las citas recibidas y efectuadas.
- Crecimiento de la literatura especializada.
- Asignación de recursos, tiempo, dinero.
- Distribución de autores, instituciones, áreas de conocimiento, países.
- Etc.

En resumen y de manera genérica, podemos decir que estos términos se relacionan entre sí por su propia pretensión de representar una ciencia general, las ciencias métricas, lo cual contribuye a que en múltiples ocasiones los modelos, indicadores, leyes y demás mediciones se utilicen indistintamente en una u otra; aunque se distingan por su objeto de estudio, variables que analizan y, en definitiva, por los objetivos que persiguen para alcanzar determinados resultados.

## **2.2. La Cienciometría como una metodología de evaluación.**

Para llevar a cabo la evaluación de la ciencia, y específicamente la evaluación de la investigación, se opta por las herramientas y medios que nos aporta la propia ciencia. El campo disciplinar que desarrolla esta acción se conoce bajo el nombre de Cienciometría (véase Zbikowska-Migon, 2001).

Los primeros trabajos que se realizaron en torno a este concepto datan de finales del XIX en la figura de Alphonse de Candolle, en su *Historie des sciences et des savants depuis deux siècles*, en cuya obra aplicará métodos matemáticos relacionados con el desarrollo científico. Pero el primer estudio, con una base teórica, reconocido dentro de la bibliografía estadística, lo realizaron Cole y Eales en 1917 con un análisis estadístico de las publicaciones sobre historia de la anatomía comparativa desde el año 1550 hasta 1860, su distribución por países y las divisiones del reino animal. En 1923 Hulme, bibliotecario de la *British Patent Office*, presenta un análisis estadístico de la historia de la ciencia y en 1926, Gross analiza las referencias hechas en artículos de revistas sobre química indizadas en el *Journal of the American Chemistry Society*.

De modo más genérico, se puede decir que a principios del siglo XX existían dos focos fundamentalmente en el desarrollo de prácticas cuantitativas; uno de ellos en los Estados Unidos, con el nombre de “ciencia de la ciencia”; y el otro en la extinta Unión Soviética, con el de *naukovodemia*. La denominación de ciencia de la ciencia está vinculada a John Derek de Solla Price; que en dos de sus libros: *Science since Babilon* y *Little Science, Big Science*, publicados en 1961 y 1964 respectivamente, realizan un análisis de la evolución del movimiento científico desde sus orígenes, fundamentándose en una serie de trabajos bibliométricos anteriores.

En el campo de la ciencia de la ciencia, además de Price, destacan los trabajos de Eugene Garfield. Una de sus acciones más importantes es la creación, en 1963, de una serie de instrumentos para la investigación bibliográfica. Estos instrumentos son tres índices publicados por el *Institute for Scientific Information* de Filadelfia (ISI): *Science Citation Index*, *Social Science Citation Index* y *Arts & Humanities Citation Index*.

El origen de esta ciencia, en los países del Este, se produce en 1926 con la publicación de los trabajos de Borichevski, cuyo estudio se centra en la naturaleza de la ciencia; y los de Ossowski en 1935, ocupados de la necesidad de crear estudios históricos, sociológicos y psicológicos consagrados al desarrollo de las ciencias (Ferreiro, 1993). Más tarde, Nalimov y Muchenko, en su libro *Naukometrija* (1969) definen la Cuantimetría como la investigación sobre el desarrollo de la ciencia como proceso informativo. El análisis estadístico de la literatura científica ha nacido como un producto del contacto interdisciplinar.

No obstante, un paso importante hacia los estudios sobre la ciencia fue la fundación, en 1971, de la primera revista especializada, *Science Studies*, que en 1975 cambiaría a *Social Studies of Science*. Posteriormente aparecería la publicación de la revista *Scientometrics*, que surge en 1978, y que junto con los trabajos de Elkana, Lederberg, Merton, Thackery y Zuckerman (1978) constituyen un hito en la institucionalización de la Cuantimetría. Esta última revista es editada conjuntamente por *Akadémia Kiado de Budapest* y *Elsevier* de Ámsterdam e impresa y coordinada por el Departamento de Documentación y Estudios sobre la Ciencia de la Academia Húngara de las Ciencias. El subtítulo delimita claramente su orientación: revista internacional sobre todos los aspectos cuantitativos de la ciencia de la ciencia, de la comunicación en la ciencia y la política científica. A esta revista internacional se les unieron otras en inglés como la *Social Studies of Sciences* y *Journal of Documentation*; en ruso y alemán, las revistas *Nauchny-Tekhnicheskaya Informatiza* y *Nachichten für Dokumentation*, que publican regularmente trabajos cuantimétricos y bibliométricos.

Actualmente, las principales revistas que publican trabajos relacionados con esta temática son:

- American Documentation
- Bulletin of the Medical Library Association
- Current Contents
- Educational Evaluation and Policy Analysis
- Information Processing & Management
- Interciencia
- International Journal of Scientometrics and Informetrics
- International Society for Scientometrics & Informetrics Proceedings
- Issues in Science and Technology
- Journal of Documentation
- Journal of Information Science
- Journal of the American Society for Information Science
- New Scientist
- Política Científica
- Rapport del Observatoire des Sciences et des Techniques
- Revista Española de Documentación Científica
- Research Evaluation
- Research Policy
- Science & Public Policy
- Science of Science
- Scientometrics
- Social Science Information
- Social Studies of Science
- The Scientist

Incluso revistas más generalistas, también se preocupan por cuestiones del campo de la Cienciometría como:

- Arbor. Ciencia, Pensamiento y Cultura
- Investigación y Ciencia
- Mundo Científico
- Nature
- Science

Los primeros trabajos cuantitativos, estos citados y otros tantos posteriores, desarrollaron análisis similares centrados, según López Piñero y Terrada (1992), en:

- Análisis sobre la producción y el consumo de la información.
- Trabajos sociológicos relativos a la comunidad científica. Concretamente trabajos sobre la función sociopolítica de la ciencia y el puesto de los científicos en la sociedad.
- Indagaciones históricas centradas en condicionamientos socioeconómicos, políticos y culturales de la actividad científica y sus variaciones.

Así pues, este autor (López Piñero, 1973) nos define la Cuantimetría o Ciencia de la Ciencia como:

*Más que una disciplina nueva, la ciencia de la ciencia es todavía un programa o mejor dicho, una zona de convergencia de varias disciplinas. Su núcleo central es, por supuesto, el intento de aplicar los recursos de la ciencia a un análisis de la Ciencia misma, de nivel de significación diferentes a los estudios humanísticos y filosóficos a que esta es habitualmente sometida.*

Una definición más actual es la que nos aportan Callon *et al.*, en el año 1995, para quienes la Cuantimetría estudia los recursos y los resultados científicos, identificándolos con formas de organización de la producción del conocimiento científico. Su finalidad última es la de verificar leyes y patrones que rigen la Ciencia en su totalidad. Estas leyes y patrones son descritos, de manera sintética, en los siguientes cinco preceptos.

1. El volumen global de la actividad científica crece regularmente.
2. Este crecimiento, en un principio exponencial, crece de manera limitada hasta describir una curva S llamada “curva logística” (Price, 1956).
3. La comunidad científica se divide en una elite que publica la mayor parte de sus artículos y un número amplio de investigadores poco productivos (Lotka, 1926).

4. Los científicos se agrupan en “colegios invisibles”, microsociedades de investigadores, que comparten intereses comunes, se conocen, interactúan y, que tiene por finalidad el desarrollo de una disciplina científica (Crane, 1972).
5. La información científica especializada se aglutina en torno a una serie de pocas publicaciones siguiendo una progresión geométrica entre número de revistas que contienen la misma cantidad de información dada y número de artículos (Bradford, 1948).

### **2.3. Indicadores cuantitativos.**

Desde los primeros trabajos que versan sobre trabajos bibliométricos hasta la actualidad se ha ido matizando paulatinamente el concepto de indicador cuantitativo. Actualmente se definen los indicadores cuantitativos como “medidas cuantitativas elaboradas a partir de la actividad científica” (Bellavista *et al.*, 1997, p.37).

Con estos indicadores se podrá determinar: el crecimiento de cualquier área científica, atendiendo por ejemplo, al número de trabajos publicados; la producción de los científicos; centros de investigación; la colaboración entre autores, instituciones, países, colegios invisibles; el impacto de las comunicaciones, atendiendo al número de citas recibidas, etc.

Estas medidas se materializan en el llamado “Manual Frascati” centrado en la medición de las actividades científicas y técnicas. Este documento marca un hito en la historia de la evaluación científica en Europa y que fue el resultado de una reunión convocada por la Dirección General de Asuntos Científicos de la OCDE en Frascati (Roma) donde se normalizaron los indicadores sobre investigación y desarrollo (OCDE, 1994).

Para el uso adecuado de este tipo de indicadores, López Piñero y Terrada (1992), exponen ocho condiciones. Éstas son:

1. El uso de indicadores cuantitativos debe ir conexas a valoraciones relacionadas por expertos en el tema.
2. Los indicadores cuantitativos no tienen la misma relevancia y significación en todos los campos científicos, haciéndose necesario la utilización de varios indicadores para obtener hallazgos fiables.
3. La validez y fiabilidad de un indicador debe someterse a un riguroso examen crítico.
4. Los indicadores cuantitativos carecen de sentido en sí mismos, teniendo por tanto, que relacionarse con la fuente de la que proceden los datos.
5. De un sólo indicador no pueden extraerse conclusiones sólidas.
6. Debe rechazarse cualquier tipo de intuiciones. Solamente pueden interpretarse los indicadores, refiriéndolos a patrones cuantitativos.
7. La simplicidad o complejidad de los indicadores es algo variable, por lo que no existe una interpretación prototípica.
8. Los trabajos evaluativos requieren el uso de indicadores específicos.

Con respecto a la clasificación de este tipo de indicadores, existen numerosos trabajos que seleccionan los distintos indicadores según las propias exigencias del autor. En este estudio hemos elegido la clasificación realizada por Fernández Cano y Bueno (1999), que queda recogida en la siguiente tabla.

Tabla 3. Indicadores cuantitativos

<b>Indicadores</b>	<b>Características</b>
Indicadores personales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edad de los investigadores</li> <li>- Sexo de los investigadores</li> <li>- Antecedentes personales</li> </ul>
Indicadores de productividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de productividad personal</li> <li>- Índice de colaboración</li> <li>- Índice de multiautoría</li> <li>- Índice institucional</li> <li>- Índice de transitoriedad</li> </ul>

<p>Indicadores de citación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de antigüedad /obsolescencia</li> <li>- Factor de impacto de las revistas</li> <li>- Índice de inmediatez</li> <li>- Índice de actualidad temática</li> <li>- Índice de aislamiento</li> <li>- Índice de autocitación</li> <li>- Coeficiente general de citación</li> </ul>
<p>Indicadores de contenido</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temáticos o textuales</li> <li>- Descriptores</li> </ul>
<p>Indicadores metodológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paradigma adoptado</li> <li>- Teoría desde o para la que se trabaja</li> <li>- Diseños específicos utilizados</li> <li>- Rasgos muestrales</li> <li>- Técnicas de análisis</li> </ul>

### 2.3.1. Indicadores personales.

A esta primera categoría de indicadores se adscriben una serie de rasgos cualitativos relacionados fundamentalmente con el autor del estudio analizado. En definitiva, estamos haciendo alusión a indicadores relativos a género del investigador, variable que pasa a ser uno de los indicadores más estudiados dentro de la comunidad científica (véase Vallejo, Rojas y Fernández Cano, 2003), edad, centro de pertenencia o antecedentes personales, entre otros.

Este tipo de indicadores, que *a priori* nos pueden parecer poco relevantes, van a facilitar información detallada sobre las características del grupo de investigadores de un área científica determinada.

### 2.3.2. Indicadores de productividad.

Los indicadores de productividad tienen un marcado carácter cuantitativo; aportándonos información sobre la cuantía de trabajos científicos realizados. A continuación, pasamos a describir algunos de ellos:

- *Índice de productividad personal*: Se mide a través del número de publicaciones producidas por el investigador, grupo, institución o país. Definido por Price (1969) como el algoritmo decimal del número de productos (artículos, libros, tesis dirigidas...) realizados.

$$IPC = \log N_p$$

Siendo, IPC: indicador de productividad personal y  $N_p$ : número de productos

Respecto a esto convendría hacer la matización de que, misma productividad no indica misma consideración científica; pues productividad no significa calidad. Siendo la falta de productividad provocada, en muchas ocasiones, por factores sociales o políticos, externos a la valía intelectual-científica.

- *Índice de colaboración*: Suele ser utilizado para medir la actividad y cooperación científica entre múltiples autores. Este índice calcula la media ponderada de autores (o equipos) por documento, y su fórmula general es:

$$IC = \frac{\sum_{j=1}^n j \cdot n_j}{N}$$

Donde  $N$  = total de documentos;  $j_i$  = Total de documentos con múltiples autores;  $n_i$  = Cantidad de documentos con  $j$  autores, o que fueron  $j$  equipos cooperantes.

Este índice de colaboración plantea una serie de controversias cuando hace referencia a estudios realizados por varios autores, teniendo la problemática de determinar el procedimiento de cuantificación de estudios realizados por un solo autor. A este respecto Maltrás (1996), en su estudio *Los indicadores bibliométricos en el estudio de la ciencia*, describe ampliamente los distintos procedimientos que se pueden llevar a cabo para realizar tal cuantificación.

- *Índice de multiautoría*: Este índice se encuentra relacionado con el índice de colaboración y se define como el recuento del número de autores de cada uno de los estudios. Una característica de este indicador es que nos permitirá detectar los denominados “colegios invisibles”, es decir, esa microsociedad de investigadores que comparten intereses comunes, se conocen, interactúan y tiene por finalidad el desarrollo de una disciplina científica (Fernández Cano, 1995).

El término colegio invisible se recoge del primer colegio invisible histórico, la *Royal Society de Londres* a mediados del siglo XVIII. Años después, Price (1961), en uno de los capítulos de su libro *Science since Babilon*, utilizó la expresión “nuevos colegios invisibles” (*new invisible colleges*) para referirse a los grupos de científicos que, trabajando en lugares distintos sobre temas semejantes, intercambiaban información por medios distintos de la literatura impresa, en especial *pre-prints*.

En 1963, Price habló ya simplemente de colegios invisibles, tema al que dedicó un capítulo de *Little science, Big science*, y en el que conectó con el tema de los estudios realizados hasta entonces sobre recuentos de citas y consultas en bibliotecas, la cuestión del envejecimiento de la literatura científica y el problema de los descubrimientos múltiples analizado por Merton (1985). A partir de este momento se ha consagrado una notable cantidad de trabajos a los colegios invisibles, término que sin demasiada precisión se viene utilizando, como dijimos anteriormente, para designar a grupos de científicos ocupados en áreas semejantes de investigación, trabajando en diversos lugares del mundo y relacionados mutuamente, tanto en las lecturas de sus publicaciones como en los medios no regulares de comunicación.

La investigación referente a los colegios invisibles se ha realizado a través de dos líneas conexas entre sí. La primera, propia de los documentalistas, ha empleado como métodos de estudio las redes de citas. La segunda, cultivada preferentemente por sociólogos, ha empleado técnicas sociométricas en sentido estricto. Dentro de esta primera línea han destacado los trabajos de Kessler (1963a, 1963b) acerca del enlace bibliográfico (*bibliografic compling*), que consiste en una medida muy simple y eficaz de la relación existente entre publicaciones y por tanto, entre las personas y los grupos científicos. De la segunda, destaca el estudio de Crane (1972), el cual realizó un trabajo

interesante entre los especialistas en sociología rural. Éste llegó a un modelo de “colegio invisible” que suponía una estrecha relación entre los científicos de la red y su productividad, en el que ocupaban las posiciones centrales, “cabezas del colegio”, los autores más productivos, que actuaban como receptores y difusores de la información.

La aplicación más importante de este tipo de medida es el *Science Citation Index* de Garfield, con el que las búsquedas bibliográficas aprovechan la red de citas por parte de un texto determinado sin necesidad de someterse a un roturado por materias, siempre artificioso y deformador.

En definitiva, estos colegios representarían la infraestructura intelectual y social de la ciencia, ofreciendo información sobre un campo o especialidad científica y el estado de la cuestión y el desarrollo actual e histórico de las ciencias.

- *Índice institucional*: El índice institucional hace referencia a la organización o centro de investigación al que el autor está asociado o vinculado. La información obtenida a través de este índice permite evaluar el comportamiento de los patrones de productividad entre las distintas instituciones.

- *Índice de transitoriedad*: Formulado por Price, y hace referencia a la productividad de autores ocasionales que realizan un solo trabajo de una determinada temática. Así, este autor realiza una distinción entre autores permanentes y autores transitorios, éstos últimos constituyen el 75% de los individuos.

Los autores transitorios son aquellos que aparecen una vez como autores y no vuelven a aparecer; por el contrario, los autores permanentes con los que aparecen de manera continua en los índices y manifiestan una tendencia de seguir siendo citados.

### 2.3.3. Indicadores de citación.

- *Índice de obsolescencia*: Hace referencia a la antigüedad de la literatura científica. Esta cuestión fue planteada por Bernal (1959), Westbrook (1960) y otros

autores como Weis (1960). Price (1986) afirma que la literatura pierde actualidad de manera rápida, haciendo variar este índice según el área de conocimiento al que estemos haciendo referencia y el tipo de documento analizado. Aunque Terrada y López Piñero (1992) mantienen la misma obsolescencia en libros que en revistas para Medicina; está por comprobar si esto sucede en Ciencias Sociales, en general; y en la Educación Matemática, en particular; donde los estudios anteriormente realizados (Torralbo, 2001 y Vallejo, 2002) parecen apuntar que las revistas suelen constituir un núcleo más actual, frente al carácter clásico de los libros o monografías.

Respecto a este concepto, Burton y Kleber (1960) elaboran el concepto de vida media o semiperiodo. La vida media puede interpretarse como la velocidad en que los documentos se vuelven obsoletos, dejando de tener impacto y difusión científica. La técnica de su determinación la basaron igualmente en el análisis de referencias bibliográficas distribuidas por años de procedencia, considerando las publicaciones citadas en un momento dado como “literatura activa circulante” en el mismo.

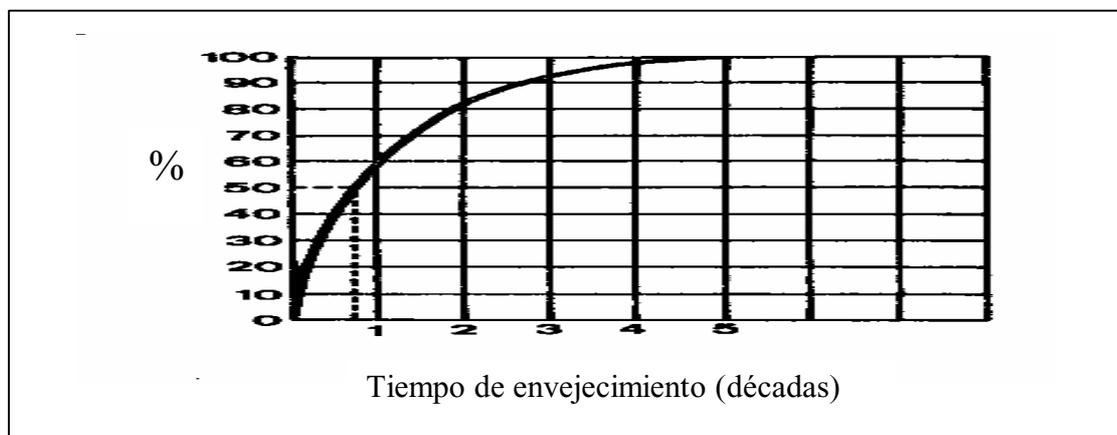


Figura 2. Curva del envejecimiento de la literatura en función del tiempo transcurrido.

Brookes (1970) propuso también un método gráfico para determinar tanto la vida media y el factor anual de envejecimiento, como la *mean life* o media aritmética de la distribución de las referencias o consultas por año de procedencia.

Otra medida para la obsolescencia es el Índice de Price (1970), que alude a la proporción del número de referencias de no más de cinco años de antigüedad con

respecto al total de referencias; obteniendo un 50% en ciencias “duras” y desciende al 20% o menos en las llamadas ciencias “blandas”.

- *Factor de impacto de las revistas*: Éste es uno de los indicadores más utilizados en la evaluación de la investigación, y uno de los que han creado mayor debate. Consiste en cuantificar el alcance/impacto de una investigación a través de las citas bibliográficas que recibe la misma en posteriores trabajos (para fórmula véase Fernández Cano, 1995).

Un trabajo de Gross y Gross (1927) fue pionero en este terreno. Para valorar las revistas químicas del periodo 1871-1925, estos autores utilizaron un recuento simple o bruto de las citas que cada una había provocado. En 1960, Raisig y Westbrook criticaron las graves limitaciones que implicaba este método y propusieron como medida del impacto causado en los lectores (*reader impact*) un índice neto, consistente en el cociente entre el número de artículos citados o provocados y el de artículos publicados.

Esta medida inició una etapa muy distinta con la aparición de los índices de citas, sobre todo el factor de impacto contenido en los *Journal Citation Reports* (JCR) de Garfield. Índices que se vienen utilizando internacionalmente como baremo de la repercusión y difusión de la literatura científica; no sin una carga de críticas, tales como las consecuencias adheridas a la escasa presencia de revistas no anglosajonas.

La formulación general del factor de impacto, definida por Garfield en 1983, es:

$$FI = \frac{cb}{art_c} = \frac{\text{Citas hechas en el año } n \text{ a artículos publicados en años } (n - 1) (n - 2)}{\text{Artículos publicados en años } (n - 1) (n - 2) \text{ (Artículos citables)}}$$

Un aspecto importante por destacar en este índice es el error que se produce cuando se identifica impacto con calidad. En relación con este tema, Ferreiro (1993) destaca que el coeficiente de citación (citas totales) es un indicador de calidad de una revista/investigación más ajustado que el factor de impacto.

- *Índice de inmediatez*: El índice de inmediatez refleja la rapidez con la que se citan los artículos de una revista determinada. Indica las revistas que publican la información más reciente sobre especialidades en rápida evolución.

Se define como el cociente entre el número de citas que reciben los trabajos publicados durante el año en que la revista es evaluada y el número de artículos publicados en ese mismo año.

$$II = \frac{cb_i}{art_i} = \frac{\text{Citas hechas en el año } n \text{ a artículos publicados en este año}}{\text{Artículos publicados sólo en ese año}}$$

- *Índice de actualidad temática*: Índice propuesto por Kidd (1990), con la intención de potenciar el valor discriminante de las referencias bibliográficas realizadas en la investigación con respecto a otros índices similares, como podría ser el índice de inmediatez.

- *Índice de aislamiento*: Este índice hace referencia al porcentaje de las referencias que corresponden a publicaciones del mismo país donde se edita la revista (López Piñero y Terrada, 1992).

- *Índice de autocitación*: Éste es uno de los índices más utilizados en Cienciometría y corresponde al porcentaje de autocitas realizadas respecto al total de citaciones recibidas por un autor. A este respecto el *Institute for Scientific Information* (ISI) de Filadelfia establece dos variantes de este índice: índice de “autocitante” (*self-citing rate*) e índice de “autocitado” (*self-cited rate*).

- *Coficiente general de citación*: Otro de los índices más importantes empleado en la evaluación de la investigación es el coeficiente general de citación. Este tipo de índice permite detectar, a través del nombre del autor, aquellos documentos en los que éste ha sido citado; aportándonos adicionalmente una breve descripción bibliográfica del artículo que contiene la referencia dicha. (Este coeficiente general de citación es recogido, junto con el factor de impacto, índice de inmediatez y otros afines, por la base

*Journal Citation Reports* paralela a las bases de datos gestionada por el ISI: *Science Citation Index, Social Sciences Citation Index y Arts & Humanities Citation Index* ).

#### 2.3.4. Indicadores de contenido.

- *Temático*: Estudio de los temas, tópicos centrales y materias estudiadas por cualquier área científica. De ahí, el gran interés que suscita el descubrir la evolución de las corrientes investigadoras a lo largo del tiempo. Existen distintos sistemas para analizar los contenidos temáticos o materias:

1. A través de palabras significativas en los títulos o texto.
2. A partir de descriptores.
3. A partir de clasificaciones ya establecidas o estandarizadas e insertas en tesauros.

#### 2.3.5. Indicadores metodológicos.

Este tipo de indicadores aporta información sobre los cambios que se han producido en la forma de realizar (*modus operandi*) de la propia investigación; es decir, en su método, técnicas y procedimientos. Cuando hablamos de indicadores metodológicos estamos haciendo referencia a: paradigma adoptado; teoría desde o para la que se trabaja; diseños generales y específicos utilizados; técnicas de análisis; etc.

### **2.4. Leyes básicas de la Cuantimetría.**

#### 2.4.1. Ley del crecimiento de la información científica de Price.

Desde hace bastantes años se vienen acumulando datos estadísticos relativos al crecimiento de la ciencia y se habían formulado interpretaciones descriptivas del mismo, siendo relativamente frecuentes las analogías con el crecimiento biológico (véase Fernández Cano, Torralbo y Vallejo, 2004).

El primero en formular de forma precisa la ley de crecimiento exponencial de todos los aspectos medibles de la ciencia fue Derek John de Solla Price. Su primera publicación sobre el tema se remonta al 1951, en un artículo publicado en *Archives d'Histoire de Sciences*, que después amplió y reelaboró en otro artículo aparecido en 1956 en la revista *Discovery* y en un capítulo de su libro *Science since Babilon* (1961). No obstante, su estudio más amplio sobre este tema es el capítulo inicial de su libro *Little science, Big science* (1963).

Sobre la base de este estudio, Price formuló una ley general aplicable a la ciencia moderna, desde el siglo XVIII hasta la actualidad, según la cual la información científica crece a un ritmo muy superior al de otros fenómenos o procesos sociales. La tasa de crecimiento de la ciencia en un momento dado es, por tanto, proporcional al tamaño total hasta entonces adquirido. El tamaño de la ciencia se convierte en el doble solamente en 10 años si utilizamos una concepción amplia de ciencia, o en quince, si la definimos de modo más exigente.

El crecimiento, inicialmente exponencial, alcanza “en algún momento un límite, ante el cual el proceso tiene que decaer y detenerse antes de convertirse en absurdo” (Price, 1963, p.20). Estos datos nos llevan a postular que la forma real de crecimiento de la ciencia corresponde a una curva logística formulada por Verhult y utilizada más tarde por Pearl y Reed para el crecimiento demográfico (véase Gupta, Kumar, Sangam y Karisidappa, 2002).

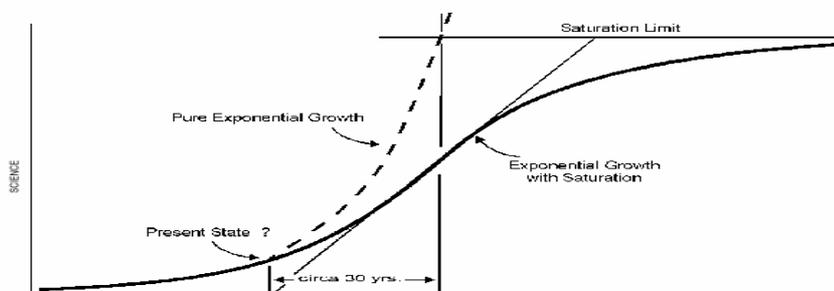


Figura 3. Curva logística enunciada por Price.

El hallazgo central enunciado por Price, fue tratado con anterioridad por Engels, en 1844 (citado en Price, 1972) en su artículo *Umrrise zu einer krities der nationalönomie*, donde constata que la ciencia progresa proporcionalmente a la masa de conocimiento acumulado por la generación precedente.

La primera consecuencia obtenida por Price de esta forma de crecimiento exponencial es la explicación de la “contemporaneidad” característica de la ciencia moderna; haciendo referencia a que el 87% de los científicos de todos los tiempos están vivos.

Con respecto al índice de crecimiento de la ciencia, Garfield en su libro *Citation indexing* (1983), hace una clasificación en relación a la antigüedad de las referencias bibliográficas citadas; clasificando las ciencias en: ciencias duras, con una media de antigüedad de las citas entre 0 a 5 años; ciencias sólidas, con una media de antigüedad de 5 a 10 años y ciencias humanísticas, con una media de antigüedad mayor que 10.

#### 2.4.2. Ley de la concentración y dispersión de la literatura científica de Bradford.

En 1953, Stevens llegó a la conclusión de que la dispersión de la información científica era mínima en el caso de la ciencia pura, intermedia en la técnica y máxima en las humanidades. Esta conclusión ha sido verificada por estudios posteriores, cuyos resultados resumen Michajlov, Cerny y Giljarevskij (1967).

Pero desde los años 30, el inglés Bradford (1934) concibió la idea de que todas las revistas podían distribuirse en zonas concéntricas de productividad decreciente en relación con una determinada materia científica o técnica. Dicha zonas representarían niveles decrecientes de densidad informativa: cada una contendría un número parecido de artículos, mientras crecía el número de revistas al pasar de una zona a la siguiente. Concretamente, Bradford analizó 1332 artículos sobre geofísica aplicada, encontrando que en 9 revistas aparecían ya 429 artículos mientras que para obtener 499 más se requería 59 revistas y para 404 artículos restantes hacía falta 258 revistas adicionales (véase desarrollo del modelado de Bradford en Amat, 1995).

Sobre esta base acabó estableciendo, en su libro *Documentation* (1948), lo que hoy conocemos como ley de Bradford, que él expone de la siguiente manera:

*Si las revistas científicas se disponen en orden decreciente de productividad de artículos sobre un tema determinado, puede distinguirse un núcleo de revistas más específicamente consagradas al tema y varios grupos o zonas que incluyen el mismo número de artículos que el núcleo, siendo el número de revistas en el núcleo y en las zonas siguientes como  $1 : n : n^2 : \dots$  (p. 116).*

Bradford ofreció la siguiente formulación gráfica de su ley, donde  $R(n)$  es el total acumulativo de artículos publicados en  $n$  revistas y  $m$  el número de artículos por zona.

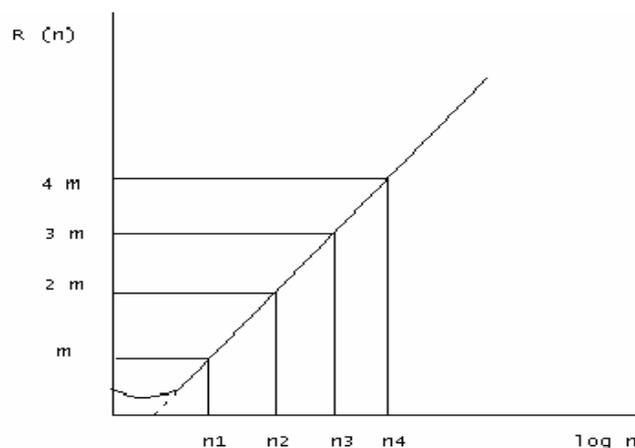


Figura 4. Formulación gráfica de la ley de Bradford (Bradford, 1948)

La aproximación lineal algorítmica propuesta por Bradford fue desarrollada por Kendall (1960), cuyo aporte fue conseguir un ajuste más preciso, poniendo de relieve que la distribución de Bradford es un caso particular de la llamada ley de Zipf, formulada por primera vez en el año 1935 en lingüística; para aplicar la distribución de las palabras en tipos dentro de un determinado texto o discurso.

La ley de Zipf expresa cierta propiedad universal, inherente a todas las lenguas naturales de mundo, conforme a la cual la parte más importante de cualquier texto -

*independientemente del idioma en que esté impreso- está formada por unas pocas palabras de uso frecuente. En el resto aparecen decenas de miles de palabras que se utilizan raras veces (citado en López López, 1996; p. 34).*

#### 2.4.3. Ley de la productividad de autores científicos de Lotka.

Las investigaciones sobre la productividad de los autores científicos, iniciadas por Galton, consiguieron su primer resultado de interés cuando Lotka en 1926 pudo demostrar que la distribución trabajos/autor obedecía a una ley similar a la comprobada en la productividad biológica. Con independencia de la disciplina científica y con la única condición de que la bibliografía recogida sea lo más completa posible y cubra un periodo amplio de tiempo, encontró que:

*El número de autores que hacen  $n$  contribuciones es alrededor de  $1/n^2$  de los que hacen una sola; o sea el número de autores que publican  $n$ , es inversamente proporcional a  $n^2$ , y además, la proporción de todos los autores que hacen una sola contribución ronda el 60% (Lotka, 1926).*

La fórmula general que define esta ley es:

$$A_n = A_1 / n^2$$

Donde  $A_n$  es el número de autores con  $n$  publicaciones,  $A_1$  el número de autores con una publicación, y  $n^2$  el número de publicaciones al cuadrado.

Fundamentándonos en este índice propuesto por Lotka, es usual clasificar a los autores según el número de publicaciones; obteniendo tres niveles de productividad:

- *Pequeños productores:* Aquellos autores que han realizado un único trabajo; teniendo un índice de productividad personal igual a 0 ( $\log 1 = 0$ ).
- *Medianos productores:* Aquellos autores que han realizado entre 2 y 9 trabajos, y su índice de productividad personal oscila entre 0 y 1.

- *Grandes productores*: Aquellos que han realizado 10 o más trabajos, teniendo un índice de productividad personal igual o mayor que 1.

Una de las características de la ley de Lotka es la sorprendente exactitud con la que se cumple en series de publicaciones científicas de materias, épocas y países distintos. Solamente en el caso de los grandes productores científicos sucede que su número desciende más rápidamente que el inverso del cuadrado de su cifra de trabajos (López Piñero, 1972). Price solucionó esta dificultad con una modificación de la ley aplicable, tanto a los pequeños, como a los grandes productores de trabajos científicos. Consiste en considerar, en lugar del número de autores que publican exactamente  $p$  trabajos, las frecuencias acumuladas, es decir, el número de autores que publican al menos  $p$  trabajos. La ecuación que Price utiliza es:

$$N = K \left( \frac{1}{p} - \frac{1}{a+p} \right) = \frac{aK}{p(a+p)}$$

Siendo  $N$  el número acumulado de autores que publican al menos  $p$  trabajos. Para los autores de baja productividad,  $1 < p > a$ , por lo que la ley tiende a la forma  $N = K/p$ ; mientras que los de productividad elevada,  $a < p > 8$ , por lo que la ley tiende a la forma  $N = aK/p^2$ .

La utilidad de la ley de Lotka no se reduce a proporcionar una mera ordenación descriptiva de los autores científicos de acuerdo con su productividad; sino que autores como Dobrov y Korennoi (1969), la aplicaron a la determinación del tamaño óptimo de los institutos soviéticos de investigación. Siendo posteriormente verificada en estudios de productividad de áreas como la Psicología o Pedagogía, aunque existen numerosas excepciones publicadas por varios autores: Blasco y Benavent, 1993; Fernández Cano, 1995; Ferreiro, 1993 y Moravcsik, 1989.

En términos generales, podemos señalar que los mejores ajustes a esta ley se obtienen cuando los datos utilizados proceden de una sola fuente, o sea, de los distintos números de una sola publicación periódica, y se refieren exclusivamente a los primeros autores que han publicado sus trabajos en un periodo de tiempo de 10 a 15 años, y la producción total supera los 200 productos (Fernández Cano *et al.*, 1999).

## 2.5. Estudios cuantitativos en España.

Los primeros estudios españoles que exaltan la necesidad de una revisión estadística de las ideas y el conocimiento se producen a partir de 1935 con la publicación de la obra *La misión del bibliotecario* de Ortega y Gasset. Como dice Ferreiro (1993, p. 25) *no parece que puede imaginarse una visión tan clara, expuesta además de forma tan elegante, de lo que hoy entendemos como ciencia de la ciencia*. Es oportuno señalar también el notable impacto que originó otra de sus obras fundamentales, *La rebelión de las masas*.

No será hasta avanzados los años 70 cuando esta disciplina científica comienza a ser considerada. En esta década destacan los trabajos realizados por López Piñero y Terrada, que realizan aportaciones muy importantes a este campo de investigación. Específicamente hacemos referencia a obras como: *El análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica*, 1972; *La literatura médico española contemporánea*, 1973; entre otras.

En torno a este ámbito de investigación, Alcaín (1991) establece tres grupos principales de investigación: el primer grupo de investigación se conforma en torno a la Universidad de Valencia, donde destacan las figuras de Jose María López Piñero y María Luz Terrada, que concentraban su trabajo en el área de la medicina. El segundo grupo, perteneciente igualmente a la Universidad de Valencia, se centra en la Psicología, bajo la dirección del profesor Helio Carpintero. El tercer y último grupo surge a mediados de los años 70 en Madrid, en el Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología (I.C.Y.T). A este grupo pertenecen las figuras de Pérez Álvarez-Ossorio y Lara Guitard.

Asimismo es destacable el trabajo realizado en la Universidad de Granada, Facultad de Ciencias de la Educación, por los grupos de investigación dirigidos por el profesor F. De Moya Anegón (SCIMAGO) y A. Fernández Cano (HUM-567). Este último, centra sus investigaciones en el área de la Educación, siendo destacable la publicación de numerosos artículos en torno al tema (Fernández Cano, 1997; 1999; Fernández Cano y Bueno, 1998; 1999; 2002; Fernández Cano y Expósito, 2001;

Fernández Cano, Lorite y Machuca, 2000; Torralbo, Vallejo, Fernández Cano y Rico, 2003), la defensa de varias tesinas y tesis doctorales (Bueno, 2002; Expósito, 2003; Torralbo, 2001) y la participación en congresos donde se han desarrollado dicha temática.

#### 2.5.1. Estudios cuantitativos del ámbito educativo.

Los estudios cuantitativos en España han estado, desde sus comienzos, ligados a áreas como la Medicina, Psicología, Química, Sociología e Historia. Sin embargo, en el ámbito de la Educación se cuenta con un notable antecedente pues en 1926, Altamira realiza un examen de la literatura pedagógica para denotar la contribución española a las Ciencias de la Educación, constituyendo éste un gran aporte para los estudios bibliométricos posteriores.

A partir del año 1978, con el trabajo realizado por González García, se establece una secuencia continua, hasta la actualidad, de trabajos cuantitativos en el ámbito de educativo. Este desarrollo de estudios cuantitativos-educativos, fundamentalmente, se centra en torno a tres ámbitos:

1. Revistas educativas: Destacando trabajos como los desarrollados por Bueno (2001); Fernández Cano y Bueno (2002); Calatayud y Sala (1992); Fernández Cano y Bueno (1998) y Escrihuela y Benavent (1988).
2. Pedagógica (en general): Benedito (1993), Echevarría (1983); Marín, Martínez González y Rajadall, (1985), Pérez Serrano, (1985); Fernández Cano (1997) y Fernández Cano y Bueno (1999).
3. Áreas curriculares: Blasco y Benavent (1993); Colás *et al.*, (1995), Fernández Cano *et al.* (2002); Galante y Sanchidrian (1996), Torralbo, Vallejo y Fernández Cano (2003), entre otros.

Como se apunta por el análisis de esta última categoría, existe una amplia variedad de áreas curriculares estudiadas, destacando, por el número de trabajos realizados, el ámbito de la orientación educativa.

Con respecto al campo que aquí nos ocupa, la Educación Matemática, podemos señalar que es un ámbito poco analizado desde un punto de vista cuantitativo, en la que destaca la tesis doctoral realizada por Torralbo (2001), que constituye el antecedente base de este estudio y el proyecto de investigación de Vallejo (2002).

## **2.6. Calidad científica e indicadores bibliométricos.**

La búsqueda de medidas para evaluar la calidad de la ciencia ha sido y es uno de los objetivos más perseguidos en el ámbito de los estudios métricos de la ciencia.

Esta problemática ha llevado a que en ocasiones se produzcan solapamientos de este concepto con otros tantos como: significación estadística, productividad, eminencia, prestigio, etc. (véase Bellavista *et al.*, 1997). Esto ha supuesto que incluso dentro de la especificidad de la ciencia, pueda hablarse de la calidad de un trabajo científico concreto, desde una amplia variedad de perspectivas e intereses; implicando, a su vez, una variedad de usos, contextos y significados del concepto de calidad científica (Maltrás, 1996).

Este problema de especificidad se hace ineludible cuando la calidad de la investigación se toma como criterio determinista para la financiación de dichas investigaciones; promoviéndose el uso extensivo de indicadores bibliométricos como medidas para vislumbrar, de manera exitosa, la calidad científica de las mismas y, por ende, del prestigio de los autores que las realizan, de las instituciones a las que pertenecen, etc (véase Aliaga y Orellana, 1999).

Tal situación lleva a autores como Moed *et al.* (1985) a establecer una separación entre dos conceptos relativos al rendimiento científico: producción e impacto y las relaciones de éstos con calidad. La semejanza establecida entre estos dos últimos (impacto vs. calidad), no está exenta de una gran polémica; ya que se entiende que una obra muy citada por los propios pares, certifica la “calidad” de la misma; aunque también, las referencias bibliográficas no siempre se realizan por cuestiones relativas a la calidad de ésta, sino que están influenciadas por factores de otra índole.

En definitiva, asumiendo que los recuentos miden la cantidad y que la calidad queda exenta a una amplia variedad de valoraciones personales y científicas. Los indicadores bibliométricos, que puedan construirse como reflejos de calidad, se referirán a los resultados científicos; siendo las posteriores inferencias y valoraciones emitidas, ajenas a tales indicadores y dependientes de la concepción última de calidad (Maltrás, 1996).

#### 2.6.1. Carácter evaluativo: Usos y abusos.

Una de las grandes críticas dirigidas a este tipo de trabajos, en particular y a la Cienciometría en general, ha sido el uso abusivo que se ha realizado de la misma y de las interpretaciones derivadas de sus análisis. Este hecho ha dado pie a lo que López Piñero (1972) llama arribismo de los que con cuatro recetas de cocina pretenden eludir el esfuerzo que supone una postura responsable en Historia, Filosofía o Sociología de la Ciencia.

Asimismo, las críticas hechas a esta metodología científica han venido marcadas por este planteamiento general. A continuación recogemos algunas de ellas, realizadas por diferentes autores: Ferreiro, 1993; López López, 1996 y López Piñero y Terrada, 1992:

- Utilización del método cuantitativo sin un planteamiento previo de los problemas teóricos que se encaran.
- La diferente motivación entre los científicos, relacionados con el ámbito académico, es un factor a considerar para no errar en la interpretación de los datos.
- Defectos en las bases de datos bibliográficas, debido a una falta de valoración previa de las mismas, incomplitud y no actualización.
- Ausencia deliberada de citas referentes a trabajos importantes con relación al tema a considerar.
- Desconocimiento sobre la razón de la citación. No sabemos si la cita ha sido para criticar el trabajo o para fundamentar el propio contenido.

- Empleo de *citas cosméticas*, es decir, citar autores que aunque no tienen una importancia real para el trabajo citante, parecen dar un mayor prestigio al trabajo.
- Resistencia a citar autores de países sub-desarrollados a pesar de que sus aportaciones puedan ser valiosas.

En definitiva, estas críticas o advertencias de esta metodología, nos hacen pensar que nos encontramos ante una metodología en desarrollo, y que utilizada con cierta prudencia nos va a permitir acercarnos al conocimiento de cualquier área o disciplina científica. Una metodología con un notable avance en la selección y diseños de indicadores con ritualidad evaluativa, que han sido desarrollados por van Raan (1996) y Noyons, Moed y van Raan (1999), constituyéndose ésta en una preocupación central de la Escuela de Leiden.

Con respecto a las críticas realizadas en torno a los problemas de validez de la Cuencimetría y Bibliometría, decir que esta metodología no tiene por qué acooplejarse de estas críticas ya que son las mismas que se le realizan a las Ciencias Sociales (López López, 1996).



## **CAPÍTULO 3.**

### **La Educación Matemática como campo de indagación**

Este tercer capítulo se divide en dos partes, una de ellas relativa a la Educación Matemática como disciplina curricular y la otra relativa a las tesis doctorales propias de este campo de indagación.

En la primera parte se explora el desarrollo evidenciado en la Educación Matemática en España y en el ámbito internacional. En un principio, se realiza una breve introducción histórica sobre la evolución de la Educación Matemática como disciplina curricular en España, para posteriormente analizar dicho desarrollo desde el ámbito específico de la investigación educativa.

La segunda parte se centra en la génesis de las tesis doctorales tras la implantación de los programas de doctorado sobre Educación Matemática en las universidades españolas, enunciando cuáles fueron las pioneras en esta tarea y sus tópicos de indagación. Finalmente son analizadas, de manera detallada, las primeras tesis doctorales leídas en las universidades españolas, que datan de los años 60; exaltando como antecedente y precursor la tesis doctoral realizada por Acisclo Fernández Vallín y Bustillo, disertación que se leyó en julio de 1857 en la Universidad Central (Madrid), y que constituye un documento de gran interés para los educadores matemáticos de este país.

### **3.1. Desarrollo histórico de la Educación Matemática en España.**

La Educación Matemática es considerada, desde la perspectiva de sus especialistas, como “un conjunto de ideas, conocimientos, procesos, actitudes y, en general, de actividades implicadas en la construcción, representación, transmisión y valoración del conocimiento matemático que tienen lugar con carácter intencional” (Rico, Sierra y Castro, 2000, p 352). Otros autores como Restivo (1992) argumentan que la Educación Matemática implica una actividad intelectual de carácter explicativo, cuya forma de expresión es una amplia diversidad de símbolos, técnicas, actitudes y recursos.

Este campo de indagación tiene orígenes muy diferentes en los distintos países, e incluso dentro de Europa existen diferencias notables, que también se pueden extrapolar a la investigación en este campo. En Estados Unidos, la Educación Matemática tiene sus orígenes en el año 1890, pero no será reconocida como campo de estudio hasta 1912. Los casos de Francia, Alemania, Inglaterra e Italia son también diferentes al de España, en ellos, la Educación Matemática, como disciplina universitaria, no será reconocida hasta comienzos del siglo XX.

Si bien es cierto, en España, desde muchos años antes ha existido un trabajo reconocido en este campo de indagación, destacando dos periodos importantes en el siglo XIX (Ortiz, 1994). Un primer periodo comprende desde 1833 hasta 1870, durante el cual se crean numerosas escuelas de ingeniería civil, repercutiendo en una mejora de la calidad de la enseñanza de las matemáticas y la renovación de su currículo; en el que José Mariano Vallejo es la figura central. Durante este periodo se produce también la creación de las facultades de ciencias, en el año 1857, con una importante reforma en el año 1866. El segundo periodo comprende los años 1870-1900, en el cual se produce una renovación de las matemáticas superiores y comienza a consolidarse, en la Universidad de Madrid, la enseñanza de las matemáticas. En estos años destacan los trabajos de Eduardo Torroja, José Echegaray, Zoel García de Galdeano y Ventura Reyes Prósper, considerado el prototipo de los investigadores en matemática pura de esta época.

Ya en el siglo XX, el desarrollo de las disciplinas matemáticas va acompañado de un esfuerzo de reflexión sobre las condiciones para la formación del matemático y del profesor de matemáticas (Rico, 1999). Este desarrollo de la disciplina hace caracterizar el periodo de los años 30 como un periodo de expansión de la cultura matemática; llevándose a cabo la creación de la Sociedad Matemática Española, el Laboratorio-Seminario Matemático, la Revista de la Sociedad Matemática Española, la Revista Matemática Hispano Americana y la consolidación de la sección de matemáticas en las facultades de ciencias, como la de Madrid.

En la segunda mitad del siglo XX, los casi 20 años de aislamiento que vivió este país provocaron un modelo de universidad orientado únicamente a la docencia, con una total ausencia de actividad investigadora. El organismo que vino a suplir esta deficiencia fue el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC); cuya actividad, según Sanz (1997), se centraba en:

- Organizar la escasa actividad investigadora.
- Asesorar al gobierno en tales actividades científicas.
- Recuperar la adhesión de las élites culturales.

Este paso para el desarrollo de la investigación, hizo que en los años 60 se otorgasen subvenciones para planes coordinados de investigación universitaria, a través del Fondo Nacional para la Investigación.

A comienzos de los años 70, con la implantación de la Ley General de Educación, se establece un currículum para las matemáticas modernas, teniendo como consecuencia la aparición de la Didáctica de la Matemática como disciplina universitaria, hecho que ocurre con la implantación de la Ley de Reforma Universitaria (1983) que organiza la universidad española en áreas de conocimiento y departamentos universitarios.

### **3.2. Educación Matemática: Disciplina curricular.**

Una vez delimitada la evolución de este campo, se hace necesario identificar su objeto de conocimiento, los problemas que estudia y sus campos de aplicaciones, entre

otros elementos. Concretamente, en Educación Matemática se distinguen dos objetivos principales del área (Schoenfeld, 2000):

- Un objetivo puro o, dicho de otro modo, de ciencia básica, que trata de comprender la naturaleza del pensamiento matemático, la enseñanza y el aprendizaje.
- Y otro propio de la ciencia aplicada, cuyo fin es la mejora de la instrucción matemática.

Como objetivo último, dirigido a un futuro próximo, este autor establece que la Educación Matemática debe seguir construyendo un cuerpo de teorías y métodos que permita al área una consolidación de la misma, tanto en su aspecto aplicado como en el básico.

Con respecto a la investigación, existen tres tradiciones de investigación que se relacionan íntimamente con los ámbitos de actuación del área de la Didáctica de la Matemática (Bishop, 1992). La primera tradición es la pedagógica, en la que destacan los trabajos clásicos de Comenio o Pestalozzi; su interés se centra en los sucesos cotidianos que ocurren en el aula. Esta tradición coincide en gran parte con el primer ámbito de actuación de desarrollo de investigaciones. La segunda tradición es la empírico-científica, que trata de asemejar la Didáctica de la Matemática a una ciencia experimental, utilizando los métodos de investigación que ello implica. Por último, la tradición escolástica-filosófica, que está basada en la teorización crítica de la Didáctica de la Matemática. Esta tradición alcanza su mayor auge durante la década de los 80 llevando su acción a multitud de campos diferentes.

En relación con estas tradiciones, esta área centra su interés científico en tres grandes ámbitos de actuación para el desarrollo de investigaciones. Un primer ámbito, lo conformarían aquellas problemáticas basadas en la transmisión del conocimiento matemático y en la evaluación de los sistemas educativos; un segundo ámbito contempla la formación, preparación, actuación y posterior desarrollo de los profesionales educativos; y un tercer ámbito desarrolla la fundamentación teórica para

poder analizar, interpretar, actuar y, si es posible, predecir los fenómenos derivados del proceso de enseñanza y aprendizaje (Rico y Sierra, 2000).

Una vez delimitado las tradiciones y focos de interés del área, se explicitan las instituciones que realizan tal tarea de investigación. En Educación Matemática, al igual que sucede con otras áreas de conocimiento, existe una amplia variedad de instituciones u organismos que realizan investigaciones o estudios exploratorios sobre temas de interés para el área. Una clasificación con respecto a este tema, es recogida por Rico y Sierra (2000), los cuales destacan dos tipos de instituciones: la primera institución, en relación a su nivel de producción de investigaciones, es la universidad, y el producto investigador primario, por antonomasia, la tesis doctoral.

*Podemos asegurar que la principal y más importante de la producción investigadora en Educación Matemática, hasta el momento, corresponde a las tesis doctorales leídas (Torralbo, 2001, p 35).*

La segunda institución la constituyen los institutos o centros de investigación; entre los que destacan centros tan importantes como el *Shell Center for Mathematical Education* de la Universidad de Londres; el *Zentrum für Didaktik der Mathematik* de la Universidad de Bielefeld; el *Instituto Freudenthal de Utrecht*; la red francesa de *Instituts de Recherche pour l'Enseignement des Mathématiques (IREM-s)*; y en España, la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM), entre muchos otros.

Sin embargo, en España, estos dos tipos de instituciones no engloban la totalidad de la producción científica del área; pues existen otras instituciones que realizan notables aportaciones. Instituciones como: el Centro de Investigación, Documentación y Evaluación (CIDE), consejerías de educación de algunas comunidades autónomas y asociaciones de profesores de matemáticas.

Sucintamente, podemos resaltar algunas de las contribuciones más importantes del área (Schoenfeld, 2000; Artigue, 1999):

- Desarrollo de perspectivas teóricas que han facilitado la comprensión del pensamiento, el aprendizaje y la enseñanza en Educación Matemática.
- Plasmación de situaciones reales sobre la viabilidad de diversos tipos de enseñanza matemática.
- Descripción de consecuencias positivas y negativas de dichos tipos de enseñanza.

### **3.3. La investigación en Educación Matemática: Perspectiva histórica universal.**

Desde sus orígenes, la investigación en Educación Matemática se ha configurado por áreas procedentes del campo de la investigación educativa, tales como la Psicología, la Pedagogía, o por la propia Matemática, que han influenciado fecundamente tal investigación. Esta atribución ha repercutido en una investigación basada en qué contenidos matemáticos se enseñan y se aprenden y cómo son enseñados y aprendidos.

Esta investigación comenzó inicialmente en las universidades a comienzos del siglo XIX, centrándose en la graduación de profesores de matemáticas para los centros de secundaria. En Alemania se organizaron seminarios que preparaban a los estudiantes de *gymnasiums* (futuros profesores) a realizar investigación en matemáticas. Sólo a finales de siglo, con el intento de establecer la didáctica como disciplina implicada en el conocimiento escolar y diferenciada de una pedagogía general, comenzaron las universidades alemanas a recibir una educación más práctica en la enseñanza de las matemáticas.

Uno de los pioneros en iniciar cursos de metodología didáctica en la educación universitaria fue el alemán Felix Klein, el cual, además de iniciar dichos cursos en varias universidades, dirigió el primer curso de doctorado (*Habilitation*) en Educación Matemática. Otra institución, también a destacar, es el Centro de Formación de Profesores de Nueva York, fundado 1887, donde a los futuros profesores de matemáticas se les enseñaba a través de unas orientaciones prácticas, posibilitando el continuar sus estudios con cursos especializados en matemáticas (Schubring, 1988).

En el caso de Inglaterra, la Educación Matemática se constituye como campo de estudio algún tiempo después, concretamente a comienzos del siglo XX; destacándose en este país el trabajo de Gogfrey, Branford, Lawrence, Carson y Jun (Howson, 1982). La investigación realizada por estos educadores matemáticos difiere en algo de cómo se entiende actualmente; una muestra representativa de cómo era esta investigación es el capítulo de Branford, 1908 (citado en Kilpatrick, 1994) *Un Estudio de Educación Matemática*, sobre un experimento realizado para enseñar geometría a ocho niños ciegos.

De este modo, y en diferentes países, la Educación Matemática comienza a ser considerada como una disciplina académico-universitaria, donde las expectativas iban dirigidas no sólo a formar profesores de matemáticas, sino a desarrollar la investigación en esta área (Donoghue, 2001; Ponte, 2001; Ponte, 2003 y Kilpatrick, 1994).

Los estudios de evaluación realizados sobre estos primeros trabajos de investigación muestran que desde 1965 hasta 1990 los investigadores matemáticos realizaban escasos trabajos experimentales, con una escasa fundamentación teórica, una pequeña muestra y ausencia de grupo de control (Suydam, 1968). Otros estudios, como el *New Trends in Mathematics Teaching* editado por la UNESCO, en relación a esta problemática establecían que:

*El volumen de las investigaciones en Educación Matemática se ha incrementado considerablemente en los últimos 20 años. También se ha incrementado la calidad de las investigaciones publicadas, aunque no tan llamativamente... La denominada investigación básica se ha enfatizado en algunos centros e institutos de investigación, pero la mayor confianza se ha puesto en el campo de la investigación aplicada, principalmente en el desarrollo y evaluación de nuevos métodos y materiales (Fehr y Glaymann, 1972, pp.129-130).*

Sobre mediados de los años 50 y hasta mediados de los 70, se produce un incremento en la investigación gracias a ayudas públicas a gran escala en diferentes países europeos y en los Estados Unidos. Este crecimiento se hace extensible hasta años

posteriores, en los que las investigaciones siguen aumentando considerablemente. Una representación de ello es la siguiente figura, en la que aparecen representadas todas las investigaciones en Educación Matemática desde el año 1890 hasta el año 1988.

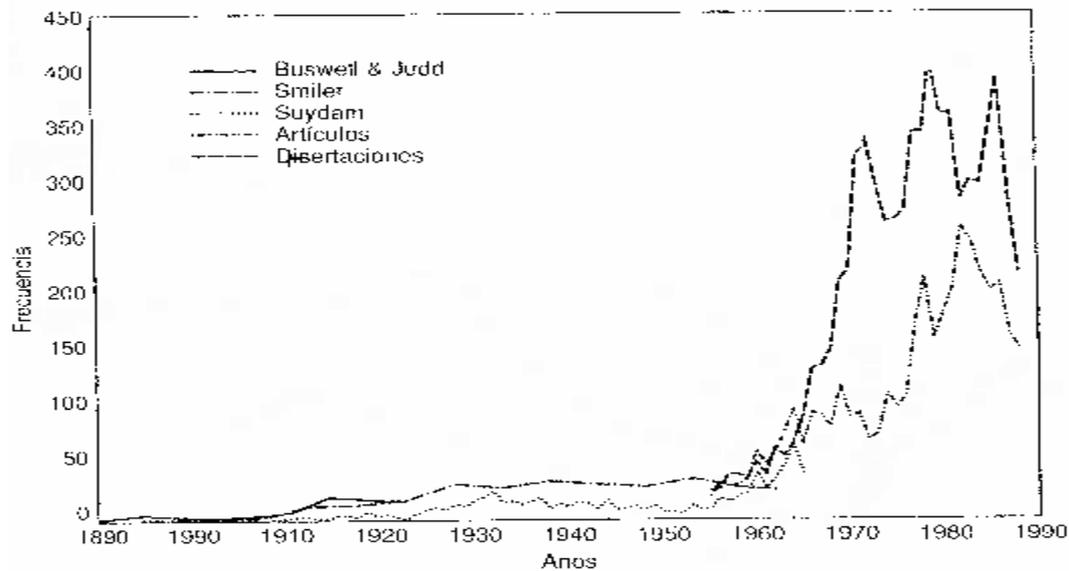


Figura 5. Estudios de investigación en Educación Matemática 1890-1988 en EE.UU.

Tomado de Kilpatrick (1994).

Este despegue de la investigación, únicamente no queda reflejada en estudios de investigación, sino que también se producirá un aumento de seminarios de trabajo, de sociedades de profesores, grupos de investigación, publicaciones en revistas especializadas, entre otros.

A este respecto, destacan en España, las figuras de Miguel de Guzmán, que presidió la *International Commission on Mathematical Instruction* (ICMI); Ángel Gutiérrez, miembro del Comité Internacional de Grupo *Psychology of Mathematics Education*; Luis Rico, miembro del *Programme for International Student Assessment* (PISA); Luis Puig, Sixto Romero y Carmen Azcárate, miembros del Comité de la *Commission Internationale pour l'Etude et l'Ameloration de l' Enseignement Mathématique* y Carmen Batanero, como miembro y, durante algún tiempo, presidenta del *Statistical Education Research Group*.

### 3.4. Programas de doctorado de Educación Matemática en España.

La primera tesis escrita sobre Educación Matemática la realizó Mc Clelland en 1910 en la Universidad de Edimburgo, titulada *Un estudio experimental de los diferentes métodos de sustracción*. En el caso de España, esta fecha es muy posterior, debido a diversas razones: el secular abandono a las cuestiones educativas por parte de estamentos académicos reputados, una cierta desconsideración de la investigación en Educación Matemática desde las secciones de matemáticas, de las facultades de ciencias<sup>?</sup>, la falta de tradición investigadora, de “colegios invisibles” y líderes con empuje que hubiesen cumplido el papel que en otros países tuvieron, por ejemplo Klein, en Alemania.

No será hasta mediados de los 60 cuando comienzan a presentarse las primeras tesinas de licenciatura y tesis de Educación Matemática desde departamentos eminentemente generalistas (sección de Pedagogía de las facultades de Filosofía y Letras en Madrid, Barcelona y Valencia), fomentándose una clara conciencia de realización de trabajos en este sentido. A partir de este momento, hay un creciente interés por la investigación sobre Educación Matemática, provocando la realización de tesis doctorales como estudios de Pedagogía o de Educación (Torralbo, 2001).

A finales de los años 80 y principios de los 90 surge una nueva generación de investigadores, los cuales centran sus estudios en Educación y Matemáticas desde una visión generalista y pluridisciplinar. Pero, serán la Universidad de Granada y la Universidad de Valencia las primeras universidades en desarrollar programas específicos de doctorado, en el año 1988. La tercera generación constituida por tales doctorandos, formados en los programas de doctorado del área de Didáctica de la Matemática, se conforma como generación más especializada en este campo de investigación.

Con esta tercera generación y la implantación de los nuevos programas específicos de doctorado en las universidades de La Rioja, Autónoma de Barcelona,

---

<sup>?</sup> Cuya función entrevista hasta 1990 era formar profesionales para la enseñanza (Jornet, Suárez, Alfaro, González, Villanueva y Pérez, 1990).

Jaén, Murcia, Autónoma de Madrid, Cádiz, Alicante, Castilla-La Mancha, Navarra, Salamanca, Santiago de Compostela, Valladolid, Huelva, Oviedo, León, Sevilla, Zaragoza, Extremadura, Valladolid, La Laguna, Málaga, Granada y Valencia se comienzan a desarrollar una gran variedad de tópicos de investigación en el ámbito de la Educación Matemática.

La siguiente tabla muestra esta variedad de tópicos y las universidades con un mayor interés en ellos:

Tabla 4. Tópicos de investigación según universidades

<b>Tópico de investigación</b>	<b>Universidades</b>
Investigación curricular	Granada
Enseñanza y aprendizaje de la Geometría	A. de Barcelona, La Rioja, Valencia, La Coruña y País Vasco
Didáctica de la estadística, probabilidad y combinatoria	Granada, Jaén, La Laguna, Murcia, A. de Madrid y Cádiz
Pensamiento numérico y algebraico	Granada, Málaga, La Laguna, Valencia, Alicante, Almería, Córdoba, Barcelona, Pública de Navarra, Zaragoza y Valladolid
Aspectos procedimentales de las matemáticas (resolución de problemas)	A. de Barcelona, Extremadura, Huelva, Granada, La Laguna, Valencia y el Instituto Calasancio de la Universidad Pontificia de Comillas
Educación Infantil	Cádiz, Granada, Málaga, Oviedo y Pública de Navarra
Conocimiento profesional, formación y desarrollo del profesor de matemáticas	Cádiz, Extremadura, Granada, Huelva, León y Sevilla
Historia de la Educación Matemática	Barcelona, Murcia, Salamanca y Granada
Investigación en Etno-matemáticas	A. de Barcelona y Granada

La didáctica de la Matemática como disciplina científica	A. de Barcelona, Granada, Complutense de Madrid y Zaragoza
Evaluación en Matemáticas	Almería, A. de Barcelona, Barcelona, Granada, León y País Vasco
Didáctica del cálculo y del análisis	Alicante, A. de Barcelona, Castilla La Mancha, La Laguna, Pública de Navarra, Salamanca, Santiago de Compostela y Valladolid

Tomado de: Rico y Sierra (2000)

Esta preocupación por conocer los tópicos de investigación, qué tipos de programas se están llevando a cabo o los números de estudiantes que cursan estos programas, no es algo reciente en el tiempo, sino que existen numerosos trabajos que han centrado su objeto de estudio en este ámbito de investigación (Batanero, Godino, Steiner y Welzelburger, 1992; Bishop, 2001; Reys, 2000; Rico y Sierra, 2000 y Torralbo, 2001).

Esta diversidad de tópicos de investigación definen a los departamentos de Educación Matemática, como departamentos profundamente activos, no sólo de enseñar Educación Matemática, sino también de comprometerse con la investigación de la enseñanza y el aprendizaje de estudiantes universitarios vía realización de disertaciones doctorales (véase Ponte, 1998 y Reys y Kilpatrick, 2001).

En el caso de España, la producción de tesis doctorales es recogida, a partir del año 1976, en la Base de Datos Teseo; que es gestionada por el Centro de Procesos de Datos del Ministerio de Educación y Ciencia; constituyendo así una de las bases de datos más importantes con respecto a la producción de investigación española en Educación Matemática (Torralbo, Maz, Rico, Fernández Cano, 2001).

### **3.5. Programas de doctorado de Educación Matemática en el ámbito internacional.**

La investigación, a través de tesis doctorales, en el ámbito de la Educación Matemática es un tópico generalizable a otros países europeos y fundamentalmente a

los Estados Unidos; aunque en este país americano la productividad doctoral actual ha alcanzado, en los últimos años, grados de escasez agudos (Reys, 2000).

El desarrollo de la producción de tesis doctorales queda reflejado en la siguiente figura, que recoge el volumen de tesis y disertaciones de Educación Matemática en los Estados Unidos, durante el periodo 1910-1988.

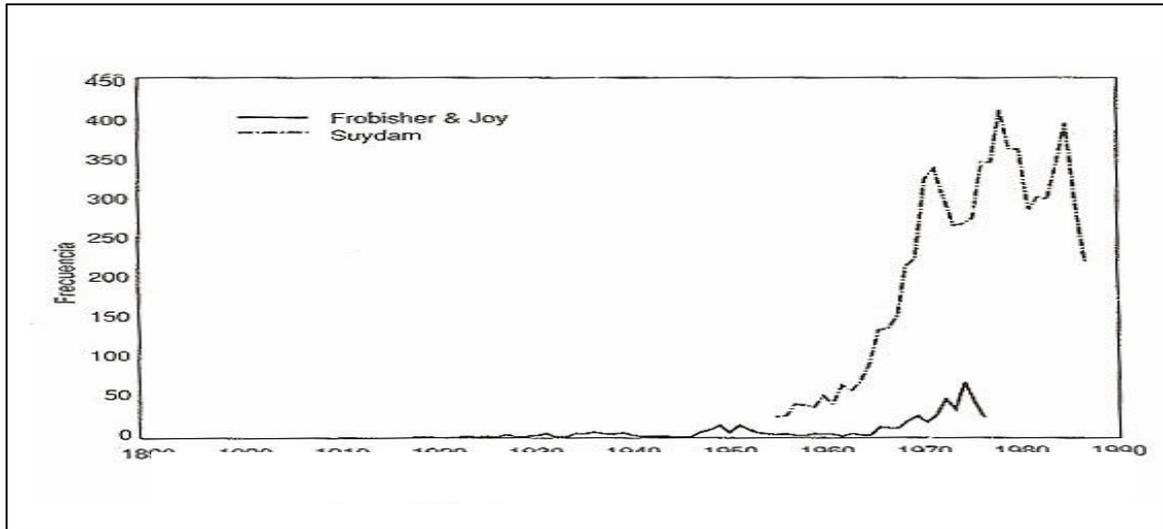


Figura 6. Tesis y disertaciones en Educación Matemática de 1910 a 1988, en EE.UU.

Tomado de: Kilpatrick (1994)

Actualmente se realizan estudios doctorales de Educación Matemática, además de en España y Estados Unidos, en: Canadá, Australia, Israel, México, Singapur, Nueva Zelanda, Taiwán, Portugal, Sudáfrica y Malasia (Bishop, 2001). En estos países, la realización de estudios doctorales presenta similitudes entre sí; como podrían ser los temas de investigación, que son significativamente actuales a nivel internacional y los métodos de investigación usados. Precisamente en Estados Unidos, los programas de doctorado tienen una estructura funcional muy parecida a la de España, con la única diferencia de la existencia de una serie de exámenes previos sobre temas generales de Educación General y de Educación Matemática, tanto escritos como orales. Una visión comparada internacional sobre dirección de tesis doctorales en Educación Matemática se ofrece en Hart y Hitt (1999).

### **3.6. Antecedentes de la investigación en Educación Matemática: Primeras tesis doctorales.**

#### 3.6.1. El precursor: Tesis de Acisclo Fernández Vallín y Bustillo.

Rastreando y tratando de buscar información sobre un trabajo previo centrado en el análisis longitudinal de la producción española relativa a tesis doctorales en Educación Matemática, se localizó, en la base de datos de la biblioteca de la Universidad Complutense, una tesis doctoral del siglo XIX titulada: *El estudio de las matemáticas es el más general y necesario como organizador de la inteligencia y auxiliar de las demás ciencias*. Su autor, D. Acisclo Fernández Vallín y Bustillo, la leyó el 8 de julio de 1857; como discurso en la Facultad de Filosofía (Sección de Ciencias físico-matemáticas) de la Universidad Central para recibir el grado de Doctor.

El cuerpo del documento (véase anexo IV) consta de 15 páginas impresas en la Imprenta de Santiago Aguado y Compañía sita en la Calle de la Espada, número 9 de Madrid. El texto se incorpora en las páginas 2 a 15, la página inicial es la carátula de presentación y la segunda sólo incluye el título de la tesis. La tipografía de cada página consta de 35 líneas a un espacio.

El contenido del documento es un discurso largo, corrido, sin epígrafes y apartados algunos. Arranca con un: Excmo. e Ilmo. Señor (¿Presidente del tribunal'?) y termina con el clásico y protocolario: -He dicho.

A lo largo de la exposición podemos distinguir bloques bien diferenciados de concepciones:

El más importante que rige los restantes es el que se ocupa de resaltar la importancia de las Matemáticas para el estudio de otras disciplinas, concibiéndolas como *el conocimiento de las relaciones cuantitativas y numéricas de las cosas... Algo dominante, excelso, conceptuoso y supremo* (p. 3) y sin ellas habrá un vacío inevitable en los archivos de la ciencia. Son un poderoso auxilio para el astrónomo; el puerto de salvación para el navegante; para el geógrafo, el juriconsultor, el médico. Por contra,

para el poeta, el literato o el publicista son “la antinomia de sus espirituales aberraciones”.

Este autor defiende propuestas ya explicitadas, en el año 1824, por el andaluz Alberto Lista en sus escritos sobre la utilidad del estudio de las ciencias exactas y acerca de los estudios de matemáticas en la Universidad de Madrid; asumiendo la vieja concepción pitagórica *Numeri regunt mundum*. Pues para Acisclo:

*Los números rigen el mundo, las más importantes de las ciencias políticas aplicadas, la estadística, la economía han de pedir la solución de sus problemas capitales a la ciencia del cálculo. Basta con apelar al buen sentido para ponderar su conocido influjo en cada uno de los humanos conocimientos. Representan a la justicia porque ésta es cantidad, proporción en el todo y en las partes, y entre estas y aquel (p. 4).*

Por ello mismo, las matemáticas, según Fernández Vallín, deben figurar como base en la Educación, para poder dirigir el conocimiento, organizar la inteligencia y auxiliar a las demás ciencias. Es así como este autor, propone una serie de cambios en la educación pública, amparados por el Estado, recogiendo algunas premisas sobre la relación entre Matemáticas y la Lógica, Retórica, auspiciando un desarrollo de los sistemas educativos reglados por un estado, frente a “las vivencias de la que desarrolla el hombre de manera espontánea y natural” (p. 6). Estableciendo que todas las enseñanzas preliminares deberían tener una base de matemáticas elementales, que fuesen indispensables para todas las carreras y profesiones del Estado.

Por último, destaca la falsedad de creer que ciencia y religión son incompatibles, tachando de ignorantes de la historia a aquellos que certifican tal verdad, para lo que presenta casos de importantes matemáticos a lo largo de la historia, que profesaban convicciones religiosas, tales como: Descartes, “a quién se le debe tanto adelantos en la geometría y cálculo” (p. 10). Pascal “aquel matemático tan grande como precoz, que aún no había cumplido los treinta años y estaba ya en victorioso palenque con los primeros matemáticos de Europa” (p.10); o también, Newton, Cavalini o Malenbranche.

La tesis doctoral de Fernández Vallín constituye todo un esfuerzo por consolidar una ciencia matemática en España que dispuso de un agente notable en aquel momento, cual fue el granadino José Mariano Vallejo (1779-1846), insigne matemático que mantuvo estrechas relaciones con Laplace; hombre de azarosa vida pues fue exiliado político liberal en la Década Ominosa.

### 3.6.2. Tesis doctoral de Francisco Garriga Rodríguez (1965).

Habrá que esperar más de cien años, tanto como estuvo vigente la Ley Moyano de Educación, para que se realizase otra tesis doctoral propia de la Educación Matemática<sup>7</sup>.

Ya en el siglo pasado, encontramos la tesis doctoral de Francisco Garriga Rodríguez, titulada: *La enseñanza de la matemática en Puerto Rico durante el siglo XIX*. Esta disertación es leída en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Madrid, en el año 1965; y estaba dirigida por el profesor Dr. Manuel Ballesteros Gaibrois, perteneciente al Departamento de Historia, de dicha universidad.

De esta tesis doctoral, a nivel cuantitativo, se puede subrayar:

- El número total de citas es de 88, la mayoría de ellas (86) en español; las otras dos son, una en inglés y la otra en francés.
- La mayoría de las referencias bibliográficas son relativas a libros, apareciendo únicamente 9 revistas y 18 referencias relativas a otro tipo de citas.
- La antigüedad media de las citas es de 75 años, con una variabilidad promedio (desviación típica) de 45 años.
- De los autores más citados destacan Pedreira, Zamora o Acosta.
- La tesis doctoral consta de 239 páginas, más 34 páginas de anexos.

---

<sup>7</sup> No está en nuestro ánimo manifestar que la Educación Matemática española estuvo cien años sin realizar aporte alguno. Simplemente no se realizaron o nosotros no hemos descubierto tesis doctoral alguna. En esos cien años, notables educadores matemáticos tuvo nuestro país; por citar los más importantes: Rey Pastor, Puig Adam y Fernández Huerta.

Con respecto al ámbito metodológico, hemos de decir que:

- La tesis utiliza una metodología eminentemente cualitativa, historiográfica.
- En ella se analizan un total de 176 monografías y/o documentos relativos a las matemáticas del siglo XIX en Puerto Rico.
- No se explicita el diseño de la investigación, al igual que tampoco se utiliza ningún tipo de estadístico; aunque es evidente que se trata de una revisión literaria.

Por último, señalar que la tesis doctoral versa sobre aspectos de la historia de las matemáticas y su enseñanza, realizándose este análisis en base a un estudio bibliográfico.

### 3.6.3. Tesis doctoral de Ana María Trillo de Garriga (1965).

Otra tesis leída en este mismo año (1965), en la misma facultad y universidad y, dirigida por el mismo director que la anterior, es la tesis de Ana M<sup>a</sup> Trillo de Garriga (desconocemos el tipo de parentesco entre esta autora y el anterior). El título del trabajo es: *La aritmética en la enseñanza puertorriqueña*.

A nivel cuantitativo, podemos destacar:

- La tesis cita 110 referencias bibliográficas; 99 de ellas en español, 10 en inglés y 1 en portugués.
- Sólo 16 referencias son relativas a revistas, siendo las más citadas: la Gaceta de Puerto Rico y la Gaceta de Madrid.
- La antigüedad media de las citas es de 78 años, con una desviación típica (variabilidad promedio) de 84 años.
- Los autores más citados son Vallejo y Pedreira, con tres citas cada uno de ellos. De hecho, se sigue un diseño muy similar al anterior.
- La tesis doctoral se desglosa en 193 páginas, más 7 páginas de anexos.

En relación a los aspectos metodológicos de esta tesis:

- El estudio se desarrolla desde el paradigma interpretativo, utilizando una metodología cualitativa, historiográfica.
- Se realiza un análisis documental de 174 libros de texto de Primaria.
- En esta tesis tampoco se utiliza ningún tipo de estadístico para el análisis de los datos.

Finalmente, el contenido versa, fundamentalmente, sobre dos temáticas conceptuales:

1. La historia de las matemáticas y la enseñanza de las mismas.
2. Trabajos comprensivos sobre aritmética y su enseñanza.

#### 3.6.4. Tesis doctoral de Margarita Bartolomé Pina (1968).

Otra de las tesis leídas antes del periodo analizado en esta investigación es la realizada por Margarita Bartolomé Pina, en el año 1968. Esta tesis doctoral titulada: *Tecnología didáctica de la matemática actual (escolares de 5 a 6 años)*, se leyó en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Barcelona, dirigida, por un solo director, José Fernández Huerta, perteneciente a esta misma universidad.

A nivel cuantitativo, esta tesis doctoral se caracteriza por:

- Se realizan 194 referencias bibliográficas: 105 en español, 58 en inglés y 31 en francés.
- De este total, 54 referencias corresponden a revistas y el resto a libros, a excepción de 2 relativas a otro tipo de citas. Las revistas más citadas son: Revista Española de Pedagogía, *The Elementary School Journal*, Bordón, Revista de Enseñanza Media y *Educational Research*, entre otras.
- La antigüedad media de las citas es de 10 años, con una desviación típica (variabilidad promedio) de casi 5 años.

- Los 2 autores más citados fueron: Fernández Huerta, director de la tesis doctoral, con 6 referencias bibliográficas y Gattegno, con 4 de ellas.
- La tesis se escribe en castellano, no en catalán, y se desarrolla en 685 páginas, de las cuales 100 pertenecen a anexos.

Con respecto a las variables metodológicas, destacar:

- La tesis se realiza desde un paradigma nomotético, utilizando metodología eminentemente cuantitativa.
- Se emplea como instrumento de recogida de datos el cuestionario, que es realizado por la propia investigadora (*ad hoc*).
- La muestra de esta tesis, como el propio título indica, la constituyen alumnos de 5 a 6 años.
- El diseño de tal investigación es de tipo experimental; y con respecto al tiempo, se puede denominar diseño longitudinal.
- Para el análisis de los datos se hace uso de estadísticos de tipo descriptivo, como medias o porcentajes; y técnicas de inferencia estadística, como ANOVA o *t* de Student.

Por último, reseñar que las temáticas o tópicos, analizados en ella, han sido:

- Desarrollo de programaciones o guías curriculares.
- Aspectos sociológicos del aprendizaje.
- Objetivos de la enseñanza de las matemáticas.
- Métodos de enseñanza y técnicas de clase.
- Concepto de número y contar.

## **CAPÍTULO 4.**

### **Tesis Doctorales**

Este capítulo se centra en el estudio de las tesis doctorales como una de las fuentes documentales más pertinentes para estudiar el estado de la investigación de un país (López López, 1996); estudio que parte de la aproximación conceptual, estableciendo las diferencias legislativas que se han producido a lo largo de estos últimos años para llevar a cabo la elaboración de una tesis doctoral, hasta profundizar en las investigaciones realizadas sobre tesis doctorales, haciendo una mención especial de aquellas que han utilizado una metodología cuantitativa o que han hecho uso de algunos indicadores de tipo bibliométrico.

Adicionalmente se elabora un listado de las bases de datos más importantes para la gestión y consulta, incluso el acceso al texto completo, a nivel nacional e internacional que catalogan este tipo de documentos; facilitando la labor de investigadores interesados en el análisis de tesis doctorales, documentos que, aunque consideramos “literatura gris”, son cada vez más consultados, indagados y evaluados.

#### 4.1. Historia y legislación.

El concepto de tesis doctoral no se incluye en el Diccionario de la Real Academia Española hasta el año 1925, decimoquinta edición, definiéndose aquella como una disertación escrita por la que se aspira al título de doctor en una facultad, presentada a la Universidad. Sin embargo, en la primera edición de este diccionario (1726, reedición 1939) sí que aparece el concepto de doctor:

*El que pasando por el examen de todos los grados de una Facultad toma la borla, para tener la licencia de enseñar una ciencia... Créose el título de doctor hacia la mitad del siglo XII para suceder al de maestro, que por ser ya tan común tenía poca estimación.*

El actual concepto de tesis doctoral es de mediados del siglo XIX; aunque los primeros títulos de doctor otorgados por la Universidad española datan del siglo XIII (Herrera, 1987). El primer Real Decreto que dota de carácter científico y profesional al título de doctor es el de 17 de septiembre de 1845 (Plan Pidal), que dictamina la realización de dos cursos después de la licenciatura. Según el Reglamento de 22 de octubre de ese mismo año, los estudios de doctorado se centralizan en Madrid, donde el doctorando realizaría dos ejercicios: el primero consistía en una memoria de colección de cien temas y el segundo ejercicio, en la lección oral.

Con la Ley Moyano (Ley de Instrucción Pública de 9 de septiembre de 1857), en su artículo 127, se mantiene que el grado de doctor se obtiene en la Universidad de Madrid, nombrándose adicionalmente nueve universidades distrito: Barcelona, Granada, Oviedo, Salamanca, Santiago, Sevilla, Valencia, Valladolid y Zaragoza. Esta centralización en la Universidad de Madrid estará vigente hasta mediados del siglo XX, siendo la única excepción la que se produce con el decreto de 21 de octubre de 1868, que permitía realizar los cursos de doctorado en todas las universidades.

Ya en el siglo XX, se producirán cambios significativos, tras finalizar la Guerra Civil. Algunos de esos cambios son:

- La creación, en 1937, del Instituto de España que regulará las enseñanzas de doctorado.
- Anulación de entregar 30 ejemplares impresos de las tesis doctorales para expedir el título de doctor. Esta normativa de imprimir este número de ejemplares, se remonta al año 1886, cuando Montero Ríos dictó el último plan de estudios del siglo XIX.
- Descentralización y apertura de la universidad española; concediéndose a las universidades de provincias la facultad de juzgar sus propias tesis (Nicolás, 1991).
- Con la Ley General y Financiación del Sistema Educativo (1970) se introduce en la enseñanza universitaria tres ciclos; correspondiendo el último de ellos a las enseñanzas de doctorado.
- El Real Decreto 185/1985 concede una especial importancia a los estudios de tercer ciclo y a las condiciones de la obtención del título de doctor.

Otro de los cambios producidos tras el Real Decreto 778/1998 de 30 de abril, aprobado por el Ministerio de Educación y Cultura, que afecta al tercer ciclo y a la expedición del título de Doctor, es el que divide los cursos de doctorado en dos periodos: el primero de ellos es un periodo de docencia y el segundo de investigación tutelada, que tendrán como finalidad la especialización del estudiante en un campo científico, técnico o artístico determinado; así como su formación en técnicas de investigación. A la finalización del primer periodo se expedirá un certificado homologable en toda la universidad española, y tras la finalización del segundo se expedirá un certificado-diploma acreditativo de los estudios avanzados realizados por el interesado, que permitirá la funcionalidad múltiple del doctorado, favoreciendo la salida voluntaria de aquellos alumnos que no deseen continuar la tesis.

El último decreto que vuelve a regular los estudios oficiales de postgrado es el Real Decreto 56/205 de 21 de enero de 2005.

#### **4.2. Definición y concepto: Visión actual de la tesis doctoral.**

Actualmente la Real Academia Española define tesis doctoral como una disertación escrita que presenta a la universidad el aspirante al título de doctor en una facultad. Otra definición de este concepto es la que aporta el Real Decreto 778/1998, que define tesis doctoral como *una investigación científica que se realiza con el fin de obtener el título de doctor universitario, siendo necesario para obtener esta titulación, la posesión del título de Licenciado, Arquitecto o Ingeniero. Asimismo se requiere la realización y aprobación de los cursos y seminarios del programa de doctorado correspondiente y presentar y aprobar una tesis doctoral consistente en un trabajo original de investigación.*

La tesis doctoral es diferente a otros tipos de trabajos científicos, no sólo por tener un rigor científico, sino porque puede ser considerado el prototipo de los trabajos de investigación (Sierra Bravo, 1999). Otra de las características diferenciales es que metodológicamente la tesis doctoral suele ser más precisa y detallada que otro tipo de trabajos científicos; además de ofrecer diferentes enfoques del tópico tratado o analizado. Todo ello da motivos para que su extensión sea también más amplia, teniendo así un formato de monografía o libro (Granjel, Gutiérrez Rodilla y Rodríguez Sánchez, 1994).

Una tercera característica definitoria de este concepto es que forma parte de la llamada *literatura gris*, es decir, forma parte de aquellos documentos que se producen y difunden por cauces de edición y distribución no convencionales y que no disponen de ISSN, como las revistas; ni de ISBN, como los libros. Con frecuencia las tesis doctorales no se publican o lo hacen de forma incompleta, por lo que su distribución y difusión es restringida; dificultando enormemente su adquisición (Sabater, 2000).

#### **4.3. Estudios sobre tesis doctorales.**

En España son cada vez más las tesis doctorales cuya unidad de análisis es, igualmente, una tesis doctoral. Hasta el año 2002 existen más de una treintena de tesis doctorales que han analizado algunas características determinadas de una tesis doctoral.

Algunos ejemplos de ello son la tesis doctoral de Herrera (1986) que aborda el estudio del nivel de investigación científica que alcanzaron los licenciados en Medicina de la Universidad de Cádiz en el siglo XIX; realizando adicionalmente un catálogo de doctorandos y de los contenidos de las tesis doctorales.

Otra de las tesis doctorales que tiene como objeto de estudio tesis doctorales es la realizada por Juan (1997) en la Universidad de Alicante. Este estudio analiza la visibilidad de las tesis doctorales españolas en ciencias médicas y determina si se cumplen los objetivos de transmisión de los avances científicos y de iniciación a la investigación tal y como señala el Real Decreto 185/1985 del Ministerio de Educación y Ciencia.

Finalmente citar la disertación de Fernández Esquinas (1999) que estudia a los participantes en los programas del Plan Nacional de I + D; analizando detenidamente, entre otros muchos aspectos, su trabajo en la realización de una tesis doctoral.

#### 4.3.1. Estudios cuantitativos y bibliométricos sobre tesis doctorales.

Las tesis doctorales, junto con la literatura de congresos o los informes, son documentos que paulatinamente están siendo utilizados en estudios cuantitativos. Esta inclusión de las tesis doctorales, como elemento factible de ser analizado, es reforzada por autores como Valcárcel (1998) y López López (1996). Éste último afirma que:

*Una de las fuentes documentales más pertinentes para estudiar el estado de la investigación de un país a través de su literatura científica es la literatura correspondiente a las Tesis Doctorales que los doctorandos deben leer para obtener el grado de Doctor (p. 97).*

Concretando algo más sobre la metodología utilizada por tesis doctorales, hemos encontrado varios ejemplos que, como nuestra investigación, analizan cuantitativa y bibliométricamente tesis doctorales.

Una de las tesis doctorales que posee esta característica es la de Mestre (1995) defendida en la Universidad de Valencia, que realiza una investigación histórico-médica sobre la Educación Física en la medicina española durante los años 1850-1936. Para ello, efectúa un análisis de 217 documentos, de los cuales 21 son tesis doctorales. En este mismo año, se presenta en la Universidad Complutense de Madrid otra tesis doctoral que analiza la producción brasileña en España a nivel de tesis doctoral durante los años 1980-1994 (Navarro, 1996).

Un ejemplo más es la tesis doctoral presentada en la Universidad de Murcia (Alicarte, 1996) sobre la producción española en Historia de la Medicina durante el periodo 1975-1991. Esta tesis doctoral realiza un análisis bibliométrico extrayendo indicadores que describen detalladamente el desarrollo de la producción española de medicina.

Otra tesis de la que tenemos referencia es la realizada por Urbano (1999) en la Universidad de Barcelona. En esta tesis doctoral realiza un análisis de las citas aplicado a publicaciones generadas por los usuarios de bibliotecas durante el periodo 1996-1998, aportando una imagen detallada del consumo de información del colectivo estudiado; que permite: por un lado, el análisis de la colección de la biblioteca de esta universidad y, por otro, la caracterización de la investigación realizada en algunos departamentos universitarios.

Por último citar una tesis doctoral de la Universidad de Murcia (Sabater, 2000) en la que se elabora un catálogo de todas las tesis doctorales defendidas en las Facultades de Ciencias de Murcia desde 1955 hasta 1990. Además del catálogo se hace un estudio estadístico de los autores de las tesis, de los directores, de la forma de presentación de las propias tesis y, por último, un análisis bibliométrico de las referencias bibliográficas de cada una de ellas.

Esta tendencia de analizar tesis doctorales es una realidad generalizable a otros países como Inglaterra o los Estados Unidos. Un ejemplo de ello es la aparición de descriptores específicos como *dissertation*, *academia* o *thesis* en algunas bases de datos,

y estudios sobre tesis doctorales como los de Baird (1991), Dorban y Vandevenne, (1992), McIntosh (1996) o Reys (2000).

#### **4.4. Catálogos y bases de datos.**

Las bases de datos constituyen una de las principales fuentes de información sobre las publicaciones realizadas. Las ventajas que aportan son:

1. Gran capacidad de información.
2. Estructura y organización de esa información en campos normalizados; posibilitando una presentación muy homogénea.

Pero también, en ocasiones, las bases de datos presentan problemas como:

1. Ciertos cambios en la estructura de los datos o de las normas, que provocan irregularidades en la información.
2. Lagunas en determinados campos.
3. Errores en distintos niveles de especificidad en clasificación y análisis.
4. Tratamiento superficial y arbitrario de los registros.
5. Atrasos en la actualización.

Estas dificultades se acentúan cuando debemos manejar varias bases de datos, con distintos niveles de tratamiento, forma y contenido.

##### **4.4.1. Catálogos y bases de datos españolas sobre tesis doctorales.**

En este apartado se recogen algunas de las bases de datos más importantes para la gestión y consulta, incluso el acceso al texto completo, de tesis doctorales leídas en España a través de Internet. En estos momentos la tendencia es poner a disposición de cualquier usuario de Internet los recursos que permitan conocer la existencia de las tesis doctorales realizadas en nuestro país; es por ello por lo que cada vez más, todas las bibliotecas universitarias dedican un catálogo determinado y específico a este tipo de publicaciones.

- **Base de datos TESEO (<http://www.mcu.es/TESEO/teseo.html>):** Teseo, del Consejo de Coordinación Universitaria, elaborada por el Ministerio de Educación y Ciencia, es la principal base de datos sobre tesis doctorales leídas en nuestro país. En esta base de datos se recogen todas las tesis doctorales leídas a partir del año 1976 hasta la actualidad, incluyendo todas las universidades españolas, ya sean públicas o privadas. También puede considerarse la base más completa, pues la información procede de la Comisión de Doctorado de las universidades, que deben remitir al Consejo de Coordinación Universitaria un fichero informático a la vez que una ficha impresa de tesis doctoral, que se validarán mediante un código de referencia único para cada tesis (CD TESEO 2003).

De este modo, la información contenida en tal base posee un carácter multidisciplinar, organizado y sistematizado a través de los códigos UNESCO; ofreciendo información sobre: autor, título, año académico, universidad, centro de lectura, centro de realización, director, tribunal, descriptores y un breve resumen de la tesis.

- **Tesis Doctorales en Zarza-TDX (<http://www.tdx.cbuc.es>):** El Servicio de Tesis Doctorales en Red (TDX, en catalán) contiene, en formato digital, las tesis doctorales defendidas en las universidades catalanas fundamentalmente, pero además, otras pertenecientes a distintas comunidades autónomas. Este servidor permite la consulta a través de Internet del texto completo de las tesis, así como realizar búsquedas por autor, título, tema de las tesis y universidad de lectura, entre otros.

Esta base está coordinada por el *Consorci de Biblioteques Universitàries* de Cataluña (CBUC), quien para su diseño y desarrollo, sigue las recomendaciones de la *Networked Digital Library of Theses and Dissertations*, de la que forma parte; y también coordinada por el *Centre de Supercomputació* de Cataluña (CESCA), y patrocinado por el *Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació* de la Generalitat de Cataluña. Los objetivos de este servicio son:

1. Difundir, por todo el mundo y a través de Internet, los resultados de la investigación universitaria.

2. Ofrecer a los autores de las tesis doctorales una herramienta que incremente el acceso y visibilidad de su trabajo.
3. Mejorar el control bibliográfico de las tesis.
4. Impulsar la edición electrónica y la creación de bibliotecas digitales.
5. Incentivar la creación y el uso de la producción científica propia.

Actualmente, todas las tesis que ya se redactan y entregan directamente en formato electrónico en las universidades adscritas a este servicio quedan incorporadas al servidor TDRT. Dichas universidades son las que difunden el proyecto entre sus estudiantes de doctorado, les da las recomendaciones y la lista de formatos electrónicos aceptados para la redacción de las tesis y (una vez presentadas y aprobadas) las editan y cargan en este servidor. Además, se está previendo reconvertir a formato digital algunas tesis presentadas durante los últimos años en formatos como papel o microficha.

Este servicio nació como resultado del convenio *La Universitat Digital* de Cataluña 1999-2003, firmado el 8 de septiembre de 1999 por los entonces Comisionados de la Sociedad de la Información y de Universidades e Investigación, la Universidad de Cataluña, la Universidad Autónoma de Cataluña, la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad de Pompeu Fabra, la Universidad de Gerona, la Universidad de Lérida, la Universidad de Rovira i Virgili y la Universidad Oberta de Cataluña, la Fundación catalana para la investigación, el CESCA y el CBUC. Posteriormente se han incorporado la Universidad Jaime I, en julio del 2002, la Universidad de las Islas Baleares, en diciembre del mismo año y la Universidad de Valencia en abril del 2003.

- **Unidad Bibliográfica y Documental de Tesis Doctorales (<http://cisne.sim.ucm.es>):** Este catálogo de tesis doctorales forma parte de los Servicios Centrales de la Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid. Sus funciones son la conservación, gestión y puesta a disposición de los usuarios, con fines de estudio e investigación. Esta unidad hace una distinción en las tesis, según estén o no publicadas.

1. Tesis doctorales publicadas: Están publicadas la mayoría de las tesis doctorales correspondientes al periodo 1980-2000, y concretamente, a partir de 1991

tales publicaciones se hacen en *CD-Rom*, pudiendo ser consultadas a través de la página *web* del servicio de publicaciones de cada universidad.

2. Tesis no publicadas: Estas tesis, además de no poder ser consultadas a través de red, quedan excluidas del préstamo interbibliotecario, siendo la única posibilidad para su consulta la visita *in situ* a esta unidad bibliográfica.

- **Biblioteca Virtual Miguel Cervantes ([http://cervantes.com/tesis/tesis\\_catalogo.shtml](http://cervantes.com/tesis/tesis_catalogo.shtml))**: El catálogo de tesis doctorales de esta biblioteca permite el acceso íntegro a los trabajos doctorales presentados en distintas universidades españolas. La recuperación de la información puede realizarse por múltiples vías: por medio de la consulta automática motores de búsqueda a través de motores de búsqueda del servidor; o también se pueden emplear los tradicionales campos de búsqueda (autor, título, universidad de lectura, etc.).

Una de las innovaciones que presenta este catálogo es la posibilidad de encontrar información complementaria a la propia tesis doctoral, recopilando datos relativos a publicaciones del autor relacionadas con el campo de trabajo, áreas de especialización del autor y otras publicaciones del mismo.

- **Universia-Tesis doctorales ([http://www.universia.es/contenidos/investigacion/Investigacion\\_tesisdoctorales.htm](http://www.universia.es/contenidos/investigacion/Investigacion_tesisdoctorales.htm))**: Entre las distintas posibilidades que ofrece la red Universia, una de ellas está dedicada a la investigación, en la que se recogen una serie de enlaces sobre tesis doctorales. La información que se puede consultar es:

1. Comentarios y acceso a páginas *web* de otros países en los que se pueden consultar tesis doctorales, sobre todo, estadounidenses.
2. Recursos relacionados con las tesis doctorales.

También a través de esta red se puede acceder a la base Teseo y a la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes (enlaces más importantes sobre tesis doctorales, según esta red).

Otros catálogos sobre tesis, con un marcado carácter de especialización, son las pertenecientes al Centro de Estudios Avanzados en Ciencias Sociales- Instituto Juan March de Estudios e Investigaciones, sobre tesis relacionados con cualquiera de las disciplinas que engloban las Ciencias Sociales; y la del servidor *Union-web*, para tesis doctorales y estudios sobre comunicación y periodismo (véase Sorli y Merlo, 2002).

Tabla 5. Catálogos de algunas de las universidades españolas

<b>Universidad</b>	<b>URL</b>
Barcelona (TDX)	<a href="http://tdx.cbuc.es">http://tdx.cbuc.es</a>
Complutense de Madrid	<a href="http://ucm.es/BUCM/infote sis.htm">http://ucm.es/BUCM/infote sis.htm</a>
Córdoba	<a href="http://www.uco.es/investiga/doctoral/ot esis/">http://www.uco.es/investiga/doctoral/ot esis/</a>
UNED	<a href="http://biblio3.uned.es/ConsultaDeTesisUNED.html">http://biblio3.uned.es/ConsultaDeTesisUNED.html</a>
Granada	<a href="http://dras.teaugr.es/se arch*spi- S3">http://dras.teaugr.es/se arch*spi- S3</a>
La Laguna	<a href="http://papyrus.bbt.kull.es/Catalogos/catalogos.htm">http://papyrus.bbt.kull.es/Catalogos/catalogos.htm</a>
León	<a href="http://www.unileon.es/servicios/biblioteca/cons O2.htm">http://www.unileon.es/servicios/biblioteca/cons O2.htm</a>
Zaragoza	<a href="http://e br3.unizar.es:8080/te sis /bus car.html">http://e br3.unizar.es:8080/te sis /bus car.html</a>
Pedagógica de Madrid	<a href="http://spi20occupm.upm.es/te sis.htm">http://spi20occupm.upm.es/te sis.htm</a>
Salamanca	<a href="http://www3.usal.es/~webtid/web-doctor/te sis /guia_tesis /ge ne ral.html">http://www3.usal.es/~webtid/web-doctor/te sis /guia_tesis /ge ne ral.html</a>
Valencia	<a href="http://www.uv.es/~infcbib/enlace s /te sis .html">http://www.uv.es/~infcbib/enlace s /te sis .html</a>

#### 4.4.2. Catálogos y bases de datos internacionales sobre tesis doctorales.

Dentro de los recursos que ofrece Internet para el acceso a información sobre tesis doctorales leídas en otros países hemos seleccionado algunos de ellos en función de la calidad, rigor e información aportados de los mismos.

- **ProQuest Digital Dissertations–PQDD de la University Microfilms Internacional.** (<http://wwwlib.umi.com/dissertations/gateway>): Esta base de datos internacional (con sede en Ann Arbor, Michigan), perteneciente hoy a la empresa Bell

& Howell, es considerada la más importante del mundo sobre tesis doctorales y *masters*, recopilando todos los fondos de la UMI. La base de datos recoge el trabajo de autores de más de 1000 universidades y escuelas de graduación (*graduate schools*); agregando 47000 nuevas tesis y 1200 *masters* en la base de datos cada año.

La base incluye citas bibliográficas de las primeras tesis doctorales en los Estados Unidos, que datan de 1861; aunque en la actualidad se da acceso a casi dos millones de trabajos de investigación de todo el mundo en todos los formatos, incluyendo versiones digitales en formato PDF. Los servicios que ofrece tal base son:

1. *Dissertation Abstracts*: Contiene información sobre 225000 referencias y resúmenes, de libre disposición.
2. El acceso al texto completo de 450000 tesis doctorales y tesinas, en dos formatos: PDF y TIFF; se ofrece a través del servicio *Dissertation Express*, que permite comprar y recibir esta información.

La búsqueda se puede realizar a través de los términos: *Search*, permitiendo acceder a una búsqueda básica o más avanzado, con la introducción de una serie de descriptores booleanos (ej. Universidad de lectura); a través de índices (*browse*) en la que la información queda clasificada en grandes disciplinas o áreas temáticas.

- **Networked Digital Library of These and Dissertations- NDLTD** (<http://www.nldtd.org>): Este catálogo ofrece un amplio material educativo universitario constituido por varias instituciones miembros de todo el mundo.

Permite la búsqueda por palabras o frases exactas de cualquier parte de los registros de tesis y otras investigaciones del catálogo, además de la búsqueda a través de descriptores como: autor, título, materia, palabras clave, etc.

- **Système Universitaire de Documentation- SUDOC** (<http://www.sudoc.abes.fr>): Este catálogo contiene más de 5 millones de referencias sobre monografías, tesis y trabajos de investigación; permitiendo la búsqueda en

bibliotecas universitarias francesas desde el año 1972. El catálogo de SUDOC posibilita efectuar búsquedas y localizar documentos que están disponibles en 2400 centros de documentación franceses. Otros documentos se encuentran disponibles en la red, aunque la única información que se tiene de ellos es una ficha técnica- descriptiva de cada uno de ellos; pudiendo ser imposible, por el momento, el acceso al documento completo.

- **Academic Dissertation Publishers and Resources for Research (<http://www.dissertation.com>):** Es un servidor desde el que se puede localizar y adquirir tesis doctorales y otros trabajos de investigación de todo el mundo. Perteneciente a la *Academic Research Group*, fundada en 1972 en los Estados Unidos.

Su base de datos se alimenta de los documentos que los mismos autores mandan a esta empresa, a cambio de los correspondientes porcentajes de venta de sus obras. Como servicio complementario ofrece una base de datos en la que se puede consultar alrededor de 20 millones de referencias y unos 10 millones de resúmenes.

- **Dissertations Online (<http://dissonline.de>):** Esta es otra empresa dedicada a la venta en línea de tesis doctorales y otros trabajos académicos procedentes, fundamentalmente de universidades estadounidenses. La manera de obtener estos documentos es la misma que en el caso anterior, es decir, es facilitada por el propio autor para su posterior venta, por lo que cualquier autor, independientemente del país de origen, puede poner a su disposición el trabajo realizado.

- **CRL Dissertations Database (<http://dino.wiz.uni-kassel.de/dain/ddb/x685.html>):** Esta base de datos, perteneciente al *Center for Research Libraries* (CRL), aporta información de tesis doctorales y otros trabajos de investigación de distintas universidades de todo el mundo, a excepción de Estados Unidos y Canadá. El funcionamiento de esta base es algo distinto a las anteriores; en este caso, la base de datos no dispone de tales documentos, sino que una vez que la información es demandada, procura los medios para digitalizar y enviar el documento requerido, tras el correspondiente pago.

- **THESA INIST- CNRS (<http://thesa.inist.fr/eng/Accueil.htm>):** Ésta es una base de datos francesa de libre acceso que contiene registro de trabajos en curso de tesis doctorales en francés, realizados por los miembros de la *Conférence des Grandes Ecoles* (CGE), desde que los alumnos de doctorado comienzan hasta la fecha de la defensa. La intencionalidad de tal base radica en averiguar los tipos de investigación que se realizan en esta institución y los autores más importantes en esos campos. Esta institución se crea en 1989 para ayudar a tener un temprano acceso a los conocimientos producidos en la investigación básica y aplicada.

*El Institute of Scientific and Technical Information of the National Centre for Scientific Research* (INIST-CNRS) actúa como administrador técnico para esta base de datos, responsabilizándose de los aspectos técnicos de THESA en su distribución por Internet.

La forma de búsqueda se puede hacer en francés o inglés de manera indistinta, utilizando como descriptores: autor, país, director de la tesis, institución de defensa y palabras claves, entre otras.

- **Redial (<http://pci204.cindoc.csic.es/cindoc/tesis.htm>):** La Red Europea de Información y Documentación sobre América Latina (REDIAL) produce y mantiene la base de datos de tesis doctorales europeas sobre América Latina, recogiendo trabajos a partir de 1980. La coordinación de esta base es gestionada por el CINDOC, que es quien además almacena en su servidor información que recibe de las instituciones: *Lateinamerika Institut* (Viena), *Institute of Latin American Studies* (Londres), *Iberoamericanisches Institut* (Berlín), *Institute des Hautes Études pour L'Amérique Latine* (París), Centro de Estudios y Documentación Latinoamericanos (Ámsterdam) y el Instituto Latinoamericanos (Estocolmo).

Además de estas bases, existen otras tantas que recogen tesis doctorales sobre determinadas áreas temáticas como son: *Electronic Theses and Dissertations in the Humanities*, mantenida por Matthew G. Kirschenbaum, de la Universidad de Virginia, ofreciendo información y enlaces de interés sobre trabajos de investigación en cualquier campo de las humanidades; *Doctoral Dissertations in musicology-online*, que recoge

tesis sobre campos afines a la música o *Dissertations on Architectural History*, que aporta una lista de referencias sobre tesis de historia de la arquitectura.

Tabla 6. Enlaces de interés sobre tesis doctorales internacionales

<b>País</b>	<b>Servidor</b>	<b>URL</b>
Alemania	Diplomita	<a href="http://www.diplomica.com">http://www.diplomica.com</a>
	Dissertation online	<a href="http://www.educat.hu-berlin.de/diss_online/index.htm">http://www.educat.hu-berlin.de/diss_online/index.htm</a>
	Liste von Projekte und Dissertationsarchiven an deutschen Universitäten	<a href="http://www.educat.hu-berlin.de/diss_online/bilio.htm">http://www.educat.hu-berlin.de/diss_online/bilio.htm</a>
	The o	<a href="http://www.iwi-iuk.org/dienste/TheO/">http://www.iwi-iuk.org/dienste/TheO/</a>
Australia	Australian Digital Theses	<a href="http://adt.caul.edu.au/">http://adt.caul.edu.au/</a>
	Educational Research Theses	<a href="http://www.acer.edu.au/library/theses_frameset.htm">http://www.acer.edu.au/library/theses_frameset.htm</a>
Estados Unidos	Chiolink	<a href="http://www.chiolink.edu/etl/">http://www.chiolink.edu/etl/</a>
EE.UU/ Canadá	American Historical Association	<a href="http://www.theaha.org/pubs/dissertations/">http://www.theaha.org/pubs/dissertations/</a>
Francia	ABES	<a href="http://www.abes.fr">http://www.abes.fr</a> <a href="http://ccr.ailsudoc.abes.fr:80/">http://ccr.ailsudoc.abes.fr:80/</a>
	Septicon	<a href="http://www.septricon.com/theses/choixtheses.html">http://www.septricon.com/theses/choixtheses.html</a>
Italia	Librer Librer- Tesi	<a href="http://www.librerlibrer.it/biblioteca/tesi/index.html">http://www.librerlibrer.it/biblioteca/tesi/index.html</a>
México	Tesiuman	<a href="http://www.dgbiblio.umam.mx/tesiuman.html">http://www.dgbiblio.umam.mx/tesiuman.html</a>
R. Unido Irlanda	Theses of Great Britain and Ireland	<a href="http://www.theses.com">http://www.theses.com</a>

Tomado de Sorlí (2002).



## **CAPÍTULO 5.**

### **Estudios longitudinales y Series temporales**

Este capítulo comprende dos grandes epígrafes: uno relativo a los estudios longitudinales, en el cual se describen las características principales de los diferentes tipos de estudios longitudinales, para posteriormente centrarnos en los estudios longitudinales más importantes en relación a la Educación Matemática. Estos estudios son agrupados en tres categorías: 1. Estudios sobre el desarrollo de habilidades lógico-matemáticas; 2. Estudios de investigación en esta área; 3. Estudios realizados por la *National Assesment of Educational Progress* (NAEP) relativos a la Educación Matemática, utilizando un tipo de diseño longitudinal.

Otro dedicado a las series temporales, realizando a modo de introducción, una breve descripción de series temporales, sus componentes; para posteriormente centrarnos en el estudio de los modelos ARIMA o metodología Box-Jenkins, detallando las fases a realizar para determinar el mejor modelo ARIMA y las propias posibilidades y limitaciones de dicha metodología analítica.

### **5.1. Estudios longitudinales: Visión general.**

El uso del tiempo en los estudios longitudinales puede tratarse de dos maneras diferentes: el primero donde el tiempo es usado como una característica del tema, y el segundo, cuando se utiliza como una señal, una característica del diseño. Un ejemplo del primer puede ser cuando la edad cronológica se emplea como la base para la selección de un individuo; y del segundo, la característica tiempo como una variable alterable. Esta utilización del tiempo nos lleva a plantearnos 5 tipos de investigaciones longitudinales: estudios simultáneos, estudios de intervención, estudios de panel, estudios de series temporales y estudios de tendencia (Keeves, 1997).

1. *Estudios simultáneos*: Dentro de esta tipología, dos o más estudios transversales son realizados al mismo tiempo pero con diferentes grupos de edad en cada estudio.
2. *Estudios de intervención*: Los estudios de intervención involucran una variación del diseño de series temporales; pudiendo ser aleatoria la probabilidad de prueba, la distribución de temas o grupos de tratamiento. Usualmente conllevan la presencia de un grupo experimental, otro de control y el manejo y control de las condiciones de la investigación.
3. *Estudios de panel*: En el campo de la Educación, han sido muy escasos los estudios que se han emprendido a través del tiempo. En los estudios de panel intervienen tres variables: grupo, tiempo y edad. Existen dos tipos de paneles: Panel tradicional, donde la muestra es fija, y en la que se miden reiteradamente las mismas variables; y panel ómnibus; con una muestra fija, pero las variables son diferentes cada vez.
4. *Estudios de seguimiento*: Este tipo de estudios longitudinales tiene sus orígenes en la Psicología del desarrollo; y asumen que el desarrollo humano es un proceso continuo, evaluable en una serie de momentos o intervalos de tiempo apropiados, intervalos que no tienen porqué ser iguales. De este modo, el desarrollo puede examinarse de una manera válida con el análisis de estos intervalos temporales.
5. *Estudio de tendencias*: Son estudios que describen actitudes y opiniones, con personas diferentes (muestras distintas procedentes de poblaciones distintas), utilizándose mayoritariamente en pruebas de aprovechamiento, de aptitud escolar, verbal, etc.

Una clasificación de los diversos estudios longitudinales nos la ofrece el siguiente cuadro extraído de Fernández Cano (2004).

Tabla 7. Clasificación de estudios longitudinales

	<b>Misma muestra</b>	<b>Misma población</b>	<b>Tratamiento experimental</b>	<b>Observaciones sucesivas</b>	<b>Misma variable</b>
<i>Estudios simultáneos</i>	NO	NO	NO	NO	SI
<i>Estudios experimentales de intervención</i>	SI	SI	SI	SI	SI
<i>Estudios cuasi-experimentales de cohortes</i>	NO	SI	SI	SI	SI
<i>Estudios observacionales de cohortes</i>	NO	SI	NO	SI	SI
<i>Estudios de panel clásicos</i>	SI	SI	NO	SI	NO
<i>Estudios de panel omnibus</i>	SI	SI	NO	SI	NO
<i>Estudios de seguimiento</i>	CASO	-	NO	SI	SI
<i>Estudios de tendencias</i>	NO	NO	NO	SI	SI

Fuente Fernández Cano (2004).

### 5.1.1. Estudios longitudinales en Educación Matemática.

Las investigaciones de tipo longitudinal están teniendo una importancia creciente en las ciencias sociales y del comportamiento, siendo la base de este desarrollo los importantes estudios emprendidos en los años 60 (véase Keeves, 1997). En el ámbito de la Educación Matemática son muy variados, por lo que, los más importantes y actuales, han sido agrupados en área de interés.

Dentro del ámbito del desarrollo de destrezas lógico-matemáticas destacan los estudios realizados por Blatchford, Goldstein, Martin y Browse, (2002)<sup>1</sup>; Boaler, William y Brown, (2000)<sup>2</sup>, Safford-Ramus, (2001)<sup>3</sup> y Skaalvik y Valas, (1999)<sup>4</sup>.

En el ámbito de la investigación en Educación Matemática reseñar los trabajos realizados por Gilford, (1978); *Nacional Science Foundation*, (1982); Ingels, (1994); Owens y Reed, (2000) y Suydam, (1985).

Y por último, citar los trabajos realizados por la *National Assesment of Educational Progress* que han sido varios los relativos a la Educación Matemática, desde un tipo de diseño longitudinal; de entre todos ellos hemos rescatados los de Campbell, (1996), Mullis (1994) o Campbell, Hombo y Mazzeo (2000).

## 5.2. Series temporales: Concepto general.

El estudio de las series temporales se constituye como una de las técnicas más habituales que se emplean para prever los fenómenos de cualquier naturaleza, utilizándose con el propósito de describir la “historia” de una determinada variable o variables (Rodríguez Morilla, 2000). Esta finalidad principal se puede dividir en dos objetivos básicos:

---

<sup>1</sup> Sobre la relación ratio y desempeño.

<sup>2</sup> Sobre éxito fracaso escolar.

<sup>3</sup> Sobre Educación Matemática de adultos.

<sup>4</sup> Sobre la relación entre rendimiento, autoconcepto y motivación.

1. Extraer las regularidades que se observan en el comportamiento pasado de la variable, obteniendo el mecanismo que genera para, en base a ello, tener un mejor conocimiento de la propia variable.
2. Predecir el comportamiento futuro de la misma reduciendo la incertidumbre.

Así, podemos definir a la serie temporal como una sucesión de observaciones correspondientes a una variable en distintos momentos de tiempo; por lo general, serán en intervalos de tiempo regulares y de duración constante. De este modo, las series temporales se contraponen a las denominadas transversales o de sección cruzada, que recogen el comportamiento de una variable para diferentes elementos, pero relativos a un mismo momento temporal, al igual que a los datos de panel, que combinan datos de serie temporal y de corte transversal; proporcionando observaciones relativas a distintos elementos en diversos momentos de tiempo (Rodríguez Morilla, 2000).

La sistematización de las diferentes metodologías empleadas en el tratamiento de una serie temporal puede hacerse basándose en criterios diversos, que dan lugar a enfoques duales como los que apunta Álvarez (2001):

- Determinista *versus* estocástico: El primero presenta un patrón de comportamiento fijo, siendo las irregularidades una desviación de la serie; por otro lado, el enfoque estocástico, donde la metodología de Box-Jenkins es la más conocida, requiere de una mayor cantidad de datos, no teniendo que ser éstos fijos.
- Univariante *versus* multivariante: El primer tipo de enfoque explica la trayectoria de una variable a través de la información contenida en los datos históricos de su correspondiente serie; mientras que el multivariante emplea el análisis causal incorporando factores externos que expliquen el comportamiento de tal variable.
- Dominio temporal *versus* frecuencial: El enfoque Dominio temporal tiene como finalidad elaborar modelos dependientes del tiempo, y en el frecuencial o espectral, la variable independiente es la frecuencia para obtener con ello las fluctuaciones periódicas de la serie.

### 5.2.1. Componentes de una serie.

Los componentes más importantes de una serie temporal serían:

1. *Tendencia*: Movimiento de larga duración que indica la marcha general y persistente del fenómeno, siendo el componente que refleja la evolución de la serie a largo plazo. De ese modo se puede detectar si a largo plazo ésta adopta una marcha persistente, ya sea de crecimiento, decrecimiento o estabilidad; para ello es necesario disponer entonces de una serie amplia (al menos de 10 años).

2. *Variación estacional*: Componente causal debida a la influencia de ciertos fenómenos que se repiten periódicamente. Muchas veces el estudio de esta componente puede constituir la finalidad del trabajo de investigación ya que su conocimiento resulta de gran trascendencia en numerosos fenómenos que están afectados por la estacionalidad y puede favorecer actuaciones tendentes a modificar algún comportamiento determinado.

3. *Variación cíclica*: Componente de la serie que recoge las oscilaciones periódicas de amplitud superior a un año. Son movimientos irregulares alrededor de una tendencia regular en donde, a diferencia de las variaciones estacionales, el periodo y la amplitud son variables.

La variación cíclica o ciclo se distingue por una serie de movimientos ascendentes y descendentes separados por puntos de inflexión que en la terminología económica corresponden a las denominadas fases de recuperación, prosperidad, recesión y depresión.

4. *Variación aleatoria, accidental o errática*: Movimiento de tipo causal que no muestra ninguna regularidad y, en consecuencia, no sería posible su predicción. Dentro de esta componente se distinguen aquellas irregularidades cuyas causas se pueden identificar (factor errático) y tales atribuibles al azar (factor aleatorio).

En suma, digamos que en una serie no tienen por qué estar presentes todas las componentes, sino que según el fenómeno estudiado algunos componentes dejarán de tener sentido.

### **5.3. El enfoque moderno de series temporales: Modelos ARIMA**

El estudio clásico o descriptivo de las series temporales se ha venido utilizando desde la segunda mitad del siglo XIX; pero en 1970, con los trabajos de Box, profesor de Estadística de la Universidad de Wisconsin, y Jenkins, profesor de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lancaster, se produce un avance respecto a los modelos de series temporales, apareciendo lo que conocemos como metodología ARIMA o modelos Box-Jenkins (véase Box y Jenkins, 1970). La edición más reciente de tales desarrollos ARIMA está localizable en Box, Jenkins y Reinsel (1994). Esta metodología está basada en la teoría de los procesos estocásticos, proporcionando mejores resultados, sobre todo, en las predicciones a corto plazo.

En este modelo, cada valor tomado por la variable en un instante dado está influido por los valores de la variable en momentos anteriores, y se expresa como una relación lineal, en función de (Molinero, 2004):

1. Valores recientes de la variable.
2. Ruidos en valores recientes de la variable.
3. Valores remotos de la variable
4. Ruidos en valores remotos de la variable.

El esquema general del modelo es:  $X_t = a_1X_{t-1} + a_2X_{t-2} + \dots + a_pX_{t-p} + Z_t + b_1Z_{t-1} + \dots + b_qZ_{t-q}$ , que es la fórmula de los modelos ARMA. La letra I aparece con el proceso inverso, es decir, con el proceso de integración. El resultado final es un modelo autorregresivo (AR), integrado (I) y de media móvil (MA), ARIMA con tales estimadores genéricos  $(p, d, q)$ :

- $p$ : Orden del componente AR (autorregresivo), que expresa el valor de la serie en cada tiempo  $t$  con una combinación de variables previas más un ruido blanco<sup>?</sup>.
- $d$ : Número de diferencias necesarias para hacer la serie estacionaria.
- $q$ : Orden de la componente MA (media móvil), que expresa el valor de la serie en cada tiempo  $t$  con un ruido blanco contemporáneo menos una combinación de ruidos blancos previos.

Lo importante es que para utilizar la metodología Box-Jenkins, se debe tener una serie de tiempo estacionaria o una serie de tiempo que sea estacionaria después de una o más diferenciaciones. La razón para suponer estacionariedad puede explicarse de la siguiente manera:

*El objetivo de Box-Jenkins es identificar y estimar un modelo estadístico que pueda ser interpretado como generador de la información muestral. Entonces si este modelo estimado se utiliza para la predicción, debe suponerse que sus características son constantes a través del tiempo y, particularmente, en periodos de tiempo futuro. Así, la simple razón para requerir información estacionaria es que cualquier modelo que sea inferido a partir de esta información puede interpretarse como estacionario o estable, proporcionando, por consiguiente, una base válida para la predicción (Pokorny, 1987; p. 56)*

### 5.3.1. Fases de la metodología ARIMA.

El proceso en la determinación de un modelo ARIMA consta de cuatro fases o etapas, que se aplican de manera iterativa hasta alcanzar el resultado más satisfactorio:

**1ª Fase. Identificación:** Consiste en proponer un modelo ARIMA para representar el proceso que ha generado las observaciones. Se trata de determinar los valores  $(p, d, q)$ .

---

<sup>?</sup> Ruido blanco: Que se caracteriza por ser distribuido, tener media nula, varianza constante y no presentar autocorrelación.

- Determinación del orden de integrabilidad ( $d$ ): Las series temporales no suelen ser estacionarias, sino que presentan cambios de nivel y variabilidad a lo largo del tiempo; sin embargo, es posible aproximar el comportamiento de una serie a la estacionariedad, mediante transformaciones matemáticas (Box-Cox). Las transformaciones consisten en tomar algoritmos (para reducir los cambios de varianza) y/o diferencias (para reducir los cambios en nivel). Por lo general se realizan de manera reiterada, observando el gráfico y la función de autocorrelación de sucesivas transformaciones de la serie hasta dar con la transformación más adecuada.
- Determinación del orden autorregresivo ( $p$ ) y de media móvil ( $q$ ): Una vez que la serie presenta un comportamiento aproximadamente estacionario, se puede calcular una función de autocorrelación simple y una función de autocorrelación parcial, estimadas a partir de los datos que sugieren los órdenes de retardos  $p$  y  $q$  correspondientes al proceso que ha generado las observaciones.

**2ª Fase. Estimación:** Identificados los valores de  $(p, d, q)$ , la siguiente etapa es estimar los parámetros autorregresivos y de media móvil incluidos en el modelo. Este cálculo puede hacerse a través de mínimos cuadrados simples o con métodos de estimación no lineal; aunque, actualmente, esta labor se lleva a cabo a través de rutinas en diversos paquetes estadísticos.

**3ª Fase. Validación:** El modelo estimado debe representar adecuadamente el proceso que se supone ha generado las observaciones, ya que es posible que exista otro modelo ARIMA que también lo haga. Una estructura adecuada será aquella que verifique, al menos, las siguientes condiciones:

- Admisibilidad: El modelo estimado es coherente con el conocimiento previo del fenómeno.
- Parametrización: El número de parámetros estimados debe ser lo más reducido posible.

- Coherencia con los datos: La estructura presenta un buen ajuste a las observaciones; los residuos, pequeños y aleatorios (ruido blanco).
- Estabilidad estructural: La estructura presenta adecuadamente la evolución de la serie tanto en su conjunto como en distintos sub-periodos.

**4ª Fase. Predicción:** Una de las razones de la popularidad del proceso de construcción de modelos ARIMA es su éxito en la predicción. En muchas ocasiones, las predicciones obtenidas por este método son más contables que las obtenidas en la elaboración tradicional de modelos, particularmente para predicciones a corto plazo (véase Angulo, González-Manteiga, Febrero-Bande y Alonso-Morales, 1998).

Un resumen de estas fases se recoge en el gráfico siguiente:

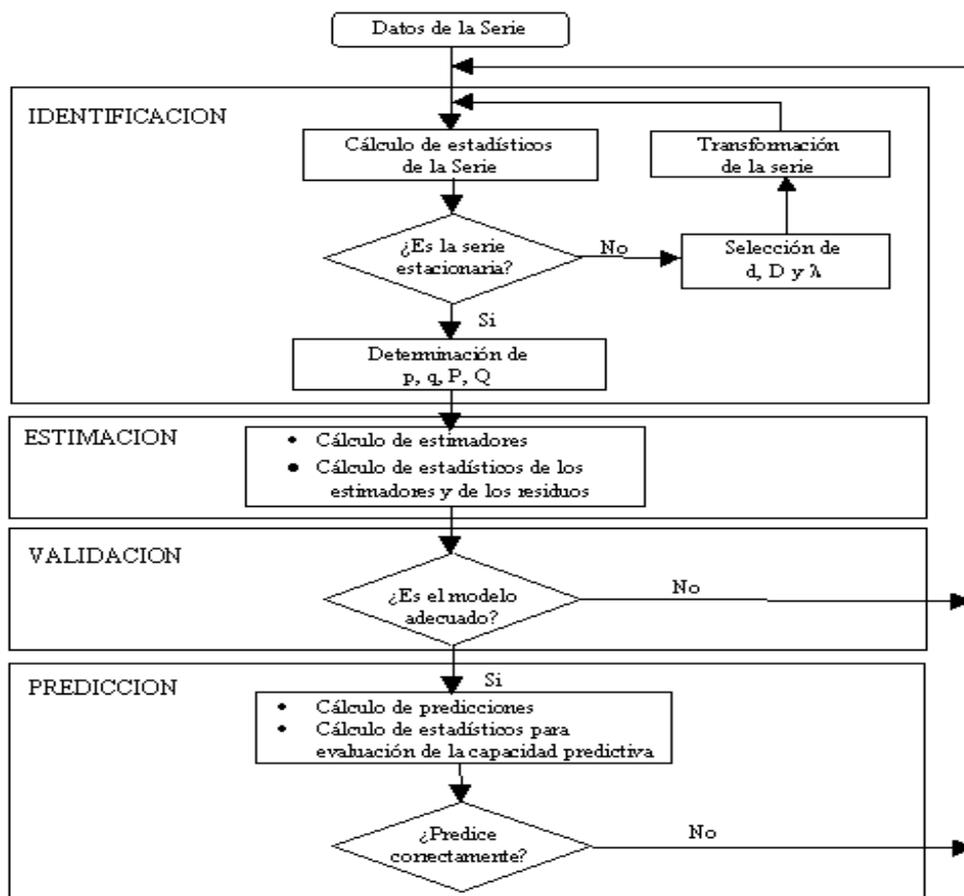


Figura 7. Fases del modelo ARIMA.

Tomado de: Makridakis, Wheelwright y Hyndman (1998).

### 5.3.2. Limitaciones del enfoque ARIMA.

Las posibilidades del enfoque ARIMA han sido declaradas por autores como Johnson y Dinardo (2001), Makridakis *et al.* (1998), Molinero (2004) y Vallejo Seco (1996); en todas ellas existen tres premisas comunes: que el análisis de series temporales es especialmente adecuado para el estudio de problemas en ambientes aplicados, donde los tradicionales diseños no se ajustan a la situación planteada. En segundo lugar, los diseños de series temporales son especialmente apropiados para tratar cuestiones de causalidad. Y por último, este tipo de diseños posee la ventaja adicional de estudiar los efectos de diversos patrones de intervención.

A pesar de las mencionadas ventajas de los modelos ARIMA frente a los modelos clásicos, tiene una serie de limitaciones como la falta de generalización y, sobre todo, el largo número de observaciones que son requeridas para identificar el modelo más satisfactorio (véase Bueso, Qian y Angulo, 1999).

El primer problema o limitación, falta de generalización, es considerado por Vallejo Seco (1996) como un problema menor, ya que existen publicaciones de diseños de series temporales de carácter transversal que se han ocupado de evaluar la generalización de los efectos de la intervención a través de diversos sujetos; lo cual contribuye, según este autor, a paliar la problemática de generalizar. Este tipo de trabajos que comparan múltiples series de tiempo desde una misma unidad experimental o desde unidades diferentes, representa una solución potencial al problema de la falta de generalización.

La segunda limitación centrada en el número de observaciones es algo ya enunciado por Glass, Willson y Gottman en el año 1975 cuando planteaban los efectos perturbadores que la intervención puede tener sobre la caracterización de la parte sistemática del componente estocástico. Bajo esta premisa no se asume la similitud del componente estocástico preintervención y post-intervención, y por este motivo, tras efectuarse un proceso de identificación en las dos partes de las que generalmente consta la serie, el modelo es estimado ponderando los dos conjuntos de resultados previamente obtenidos. Por tanto, en este proceso, los problemas se acentúan más cuando se reduce

el número de observaciones efectivas en las que basar la especificación del modelo (Vallejo Seco, 1996).

Así pues, contar con los datos recomendados es altamente deseable para determinar el modelo ARIMA más adecuado, ya que si no, los errores cometidos pueden llevar a un análisis equivoco y poco ajustado a la realidad.

Como posteriormente se indicará, en este estudio no se pretende establecer influencias causales, ni denotar los efectos de una intervención; antes bien, se tratará de inferir el modelo subyacente en una serie de datos de tiempo para determinar a partir de él, datos de pronóstico, de futuro a corto-medio plazo.

**II PARTE:**  
**ESTUDIO EMPÍRICO**



## **CAPÍTULO 6.**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **6.1. Consideraciones generales sobre el problema a indagar.**

El análisis y evaluación de la investigación permite determinar la calidad y la eficacia de los programas de investigación y/o para apreciar los resultados de las actividades científicas de organismos considerados en su totalidad. Todo ello justifica que surja la necesidad de evaluar el rendimiento de la actividad científica y su impacto en la sociedad. Esta evaluación resulta más compleja en el campo disciplinar de la Educación, debido a las múltiples disciplinas que precipitan en él: Psicología, Sociología, Antropología, Historia, Economía y otras muchas más, Matemáticas también, naturalmente.

Adicionalmente, esta pluridisciplinariedad implica que al realizar cualquier tipo de análisis nos enfrentemos a una amplia variedad de métodos de investigación, de enfoques metodológicos, de instrumentos de recogida de datos y de diseños que comprenden la rica familia de la indagación sistemática en Educación. Es por todo ello por lo que nos plantemos realizar una evaluación de un área concreta de la Educación; permitiéndonos inferir diferencias o similitudes en el ámbito de la Educación Matemática y la Educación, en general.

## 6.2. Planteamiento y racionalidad del problema.

La Educación Matemática es una disciplina académica que ha emergido en España hace relativamente pocos años. A pesar de una trayectoria que no supera 30 años, se hace necesario e imprescindible analizar la evolución que ha acontecido en este campo.

Así pues, en este estudio se analizará diacrónicamente las tesis doctorales de Educación Matemática leídas en las universidades españolas durante un periodo superior a treinta años: desde las primeras tesis doctorales que sobre esta temática fueron defendidas en las universidades españolas, hasta las del año 2002. Dicho análisis se hará en a un triple nivel: cuantitativo, conceptual y metodológico. El primero aportará información sobre el devenir de una serie de características cuantitativas relativas a los autores, directores (i.e. género) e instituciones, número de citas y idioma de las citas, entre otras. El análisis conceptual, definido a partir de la base de datos ZDM (*Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*), propia del ámbito de la Educación Matemática; indicará cómo han ido evolucionando los tópicos más investigados en esta área. La revisión metodológica permitirá conocer secuencialmente cómo han sido tratados los aspectos metodológicos más importantes en la elaboración de cualquier tesis doctoral (diseños, enunciado de los objetivos, metodología, etc.).

Además pretendemos pronosticar, a través del análisis de series temporales generadas (modalidad de tendencias), el comportamiento o desarrollo, a distintos niveles, de este campo de indagación; permitiéndonos inferir conclusiones de carácter global y prospectivo.

Así pues, el problema que este estudio considera podría enunciarse:

¿Cómo se ha manifestado cuantitativa, conceptual y metodológicamente a lo largo del tiempo (diacrónicamente) la investigación española en Educación Matemática, en base a las tesis doctorales que le son propias?

Se trata de realizar un análisis longitudinal de las tesis doctorales de Educación Matemática leídas en las universidades españolas durante el periodo 1975-2002.

### **6.3. Revisión de la literatura.**

El proceso de la revisión de la literatura, como su propio nombre indica, consiste en “realizar una revisión del estado del conocimiento acerca del problema de investigación” (Forner y Latorre, 1996; p. 132).

Esta revisión resulta más compleja en el campo disciplinar de la Educación, debido a las múltiples disciplinas que inciden en él. Dicha pluridisciplinariedad implica que, al realizar cualquier tipo de análisis, nos enfrentemos a una amplia variedad de métodos de investigación, de enfoques metodológicos, de instrumentos de recogida de datos y de diseños que comprenden el amplio espectro de la investigación disciplinada. Por todo ello, nos planteamos realizar una evaluación de un área concreta de la Educación, cual es la Educación Matemática; albergando ese principio de incertidumbre que describe Torralbo (2001) cuando establece que:

*Al tratar de analizar la Educación Matemática, el evaluador se siente sometido a un principio de incertidumbre, en el sentido de que cuanto más se evalúa ésta, más detectamos su deficiencia. Pero cuando se omite tal evaluación más la echamos en falta, más necesitamos saber sobre la evaluación ya realizada (p. 12).*

Ya en el 1986, Brophy se preguntaba hacia donde iría la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas; pero su consideración era más un deseo, una prescripción puramente normativa que un patrón de pronóstico basado en la evidencia empírica. En esta investigación, se ofrece desarrollos futuros y modelos explicativos del pasado basados en la presentación serial de la evidencia disponible.

Otros autores como Cooney, Grows y Jones (1988) propusieron una agenda para investigar en la enseñanza de las matemáticas; agenda que durante los últimos 16 años ha tenido un vigor tácito en la comunidad de investigadores en Educación Matemática.

Sería interesante verificar si sus propuestas se vieron realizadas en tal plano temporal, aunque tenemos la melancólica impresión de que el ajuste entre lo propuesto y lo realizado no ha sido tan amplio como hubiese sido deseable. Y es que la preocupación por ofrecer tendencias para investigar en Educación Matemática, bien a nivel conceptual, metodológico o de teorías soportes, ha sido una preocupación antigua, en la comunidad de investigadores en Educación Matemática (véase Steiner y Christiansen, 1979; Scandura, 1967 y Klausmeier y O’Heran, 1968).

Investigaciones más actuales en el ámbito internacional de la Educación Matemática y afines a la cuestión que aquí se indaga son las realizadas por Fiorentini (1993), Donoghue (2001), Reys (2000, 2002) y Beile, Boote y Killingsworth (2003). Fiorentini examinó el problema de la divulgación, dispersión y continuidad de las investigaciones en Educación Matemática en Brasil, analizando sobre un total de 190 tesis de maestría, 12 tesis doctorales y dos trabajos de libre-docencia, las tendencias temáticas y teórico-metodológicas de tales investigaciones.

En la investigación de Donoghue (2001) se realizó una lista cronológica de 360 estudios de Educación Matemática dirigidos en el *Teachers College* de la Universidad de Columbia, durante el periodo 1950-1997; con la finalidad de determinar la especialización en el área de la Educación Matemática. Las conclusiones más importantes de este estudio fueron que los estudios analizados han ido progresivamente focalizando sus fuentes; centrándose paulatinamente en cuestiones más específicas. Adicionalmente, este autor apreció una menor confianza en la creatividad individual y una mayor dependencia de los objetivos planteados.

De los diferentes trabajos de Reys, habría que reseñar la investigación del año 2000, donde se realiza un análisis de la trayectoria histórica de la Educación Matemática durante los años 1980-1998. Este estudio investiga los programas doctorales de Educación Matemática de los Estados Unidos; extrayendo conclusiones como:

- La producción del número de tesis, en los 20 últimos años, se ha estabilizado.

- La existencia de una gran escasez de doctores en Educación Matemática; tal que la demanda de ellos es muy alta.
- El 40% de las instituciones de educación superior han concedido un total de dos o menos títulos de doctor durante estos últimos 20 años, cada una.
- La producción de 1386 tesis doctorales de Educación Matemática pertenecen a 126 instituciones diferentes de los Estados Unidos.

Por último, el trabajo de Beile *et al.* (2003) examina la madurez de los estudiantes de doctorado a través del análisis de citas, fundamentalmente. Analiza 1842 citaciones de aproximadamente 30 tesis doctorales relativas a la Educación del año 2000, pertenecientes a 3 instituciones de los Estados Unidos.

Tangencialmente también consideramos aspectos metonímicos relativos a la investigación en Educación Matemática; en este sentido, citar el trabajo de Herzing (2004) que ha constado las altas tasas de abandono en mujeres y gente de color que inician sus estudios de doctorado en matemáticas.

En España destacan tres estudios que exploran la producción investigadora del campo de las matemáticas. El primero de ellos, realizado en el año 1988, es el de Del Pino; que analizó la producción matemática contenida en la Revista Matemática Hispanoamericana. También citar el trabajo realizado por Fernández Frial, Oliver y Vázquez (1992), los cuales examinaron la disponibilidad de las publicaciones periódicas matemáticas en España catalogadas en la base del DOCUMAT. Por último, el trabajo realizado por Torralbo (2001), un estudio que constituye la base sobre la que se ha realizado la presente investigación. Estudio centrado en comprobar la consolidación de la Didáctica de la Matemática en España, como disciplina científica plenamente institucionalizada. Para ello realiza un análisis transversal, considerando tres tipos de variables: *cienciométricas*<sup>?</sup>, conceptuales y metodológicas. La muestra la constituyen 135 tesis doctorales de Educación Matemática, leídas en las universidades españolas durante el periodo 1976-1998.

---

<sup>?</sup> Un breve resumen del análisis transversal a nivel *cienciométrico* está localizable en Fernández Cano, Torralbo, Gutiérrez y Maz (2003).

Entre las aportaciones se destaca:

- La elaboración de una base de datos con las tesis doctorales españolas leídas en este periodo.
- Elaboración de dos instrumentos de recogida de datos, cuantitativo y metodológico; que utilizaremos en esta investigación.
- La consolidación del campo de la Educación Matemática, y la comprobación de que ésta se ajusta a leyes y patrones de la Cienciometría.
- Apertura de una línea de investigación en Educación Matemática, cual es la evaluación de ella, centrada en el marco general de estudios de la “Ciencia de la Ciencia”.

En este último punto comenzamos nuestra investigación, que aporta las siguientes novedades:

1. Actualización de la muestra hasta el año 2002. Se amplía, además, tomando las primeras tesis doctorales leídas antes del año 1976. Teniendo que utilizar otras bases de datos diferentes a TESEO, que comenzó a indizar tesis doctorales a partir del año 1976.
2. Análisis de tipo longitudinal, estableciendo inferencias sobre los patrones obtenidos a través del tiempo.
3. También podemos decir que se trata de un análisis que además de ser descriptivo, realiza ajuste a modelos de crecimiento y valores prospectivos, a través de la conocida metodología de Box- Jenkins o modelos ARIMA.

Tabla 8. Diferencias entre el estudio de Torralbo (2001) y Vallejo (2005)

	<b>Temporalidad</b>	<b>Muestra</b>	<b>Periodo</b>	<b>Análisis</b>	<b>Hallazgos</b>
<b>Torralbo (2001)</b>	Transversal	135 tesis	1976 1998	Descriptivo	Datos globales
<b>Vallejo (2005)</b>	Longitudinal	248 tesis	1975 2002	Descriptivo Ajuste Pronósticos	Datos diferenciales

En definitiva, con el presente estudio se pretende dar un paso más en el conocimiento de la realidad nacional del campo de la Educación Matemática; obteniendo una visión más ajustada, completa y suplementaria del desarrollo y evolución de dicho campo. Pensamos entonces, que una de las características básicas de la Ciencia, cual es su poder de autoconstrucción, de continuidad, de acumulación, se ve realizada con la “nueva piedra” que sería esta tesis doctoral.

#### **6.4. Delimitación de los objetivos de la investigación.**

El objetivo general de la investigación es analizar longitudinalmente la investigación española en Educación Matemática mediante el estudio de las tesis doctorales defendidas durante el periodo 1975-2002; ello nos ayudará a describir la evolución de este campo de estudio a nivel cuantitativo, conceptual y metodológico. Pudiendo, adicionalmente, predeterminar cuál será el comportamiento/tendencia, según su ajuste a un determinado modelo (clásico y ARIMA) de crecimiento, de estos niveles de la Educación Matemática.

Como objetivos específicos nos proponemos los siguientes:

1. Analizar diacrónicamente las variables cuantitativas definidas en este estudio.
2. Analizar diacrónicamente las variables conceptuales definidas en este estudio
3. Realizar una revisión metodológica diacrónica de la producción recuperada.
4. Actualizar la base de datos generada en el estudio de Torralbo (2001), recuperando las tesis doctorales no revisadas en aquel.
5. Estudiar los indicadores cuantitativos, con carácter diacrónico, propios de esta producción, detectando patrones y verificando las leyes de crecimiento comúnmente aceptadas en Cuantimetría.
6. Pronosticar valores futuros en aquellas variables cuantitativas, conceptuales y metodológicas.
7. Analizar la estructura factorial del constructo subyacente en las diversas variables conceptuales indagadas en ese periodo y su racionalidad.

8. Contribuir a la evaluación global de la Educación Matemática al denotar ajuste diacrónico a patrones propios de las ciencias de status reconocido.

Resumiendo, esta tesis trata de alcanzar dos objetivos básicos de la ciencia:

- Explicar una realidad denotando el ajuste de una serie temporal a un determinado modelo de crecimiento.
- Predecir la realidad, al determinar valores futuros de las series temporales consideradas.

### **6.5. Enunciado de la hipótesis y su racionalidad.**

Como hipótesis general de este estudio asumimos que la investigación española en Educación Matemática, a nivel de tesis doctorales, se ajusta a la teoría de crecimiento expuesta por Price (ya explicada en el capítulo 2 de este estudio).

De manera complementaria, podemos conjeturar otras hipótesis que orientarán este trabajo.

- El análisis diacrónico de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática se ajusta a indicadores y leyes cuantitativas comúnmente aceptadas.
- La producción española de tesis doctorales de Educación Matemática cubre un amplio rango de marcos conceptuales, metodológicos y de ámbitos de actuación.
- Los indicadores relativos a la producción española, a nivel de tesis doctorales, en Educación Matemática, son susceptibles de predicción ajustada como una serie temporal.

Para la aceptación o rechazo de estas hipótesis, analizaremos la muestra en base a los instrumentos de recogida de datos. El análisis de las variables cuantitativas nos aportará la suficiente información para aceptar o rechazar dichas hipótesis.

## 6.6. Definición de términos clave.

Se expone a continuación una serie de definiciones de términos clave propios de este estudio:

- ? *Cienciometría*: Entendida como la aplicación de métodos cuantitativos a la investigación sobre el desarrollo de la ciencia considerada como proceso informativo; por tanto, la Cienciometría es la disciplina que se dedica al análisis de documentos escritos por los investigadores (artículos, informes, patentes), al análisis de las instituciones e incluso, de los propios investigadores; aplicando a ella su propio método.
- ? *Evaluación de la investigación*: La evaluación de la actividad científica es una acción necesaria que permite juzgar el cumplimiento de los objetivos, el valor de los resultados obtenidos y el desarrollo de la propia investigación. Es por ello, por lo que numerosos autores reclaman el desarrollo de una serie de infraestructuras que permitan entrenar, a las futuras generaciones de investigadores, en esta ardua tarea.
- ? *Educación Matemática*: Es considerada por Rico, Sierra y Castro (2000) como un conjunto de ideas, conocimientos, procesos, actitudes y, en general, de actividades implicadas en la construcción, representación, transmisión y valoración del conocimiento matemático que tiene lugar con carácter intencional.
- ? *Tesis doctoral*: Consiste en un trabajo de investigación sobre una materia relacionada con el campo científico, técnico o artístico propio del programa de doctorado realizado por el doctorando.
- ? *Estudio longitudinal*: Estudio que describe una serie de características del desarrollo durante momentos, periodos de tiempo o edades diferentes.
- ? *Serie temporal*: Sucesión de observaciones correspondientes a una variable en distintos momentos de tiempo; por lo general, en intervalos de tiempo regulares y de duración constante.

### **6.7. Importancia del estudio.**

El estudio sobre la producción de tesis doctorales en Educación Matemática, adquiere cierta relevancia para:

- Profesores universitarios interesados en la Educación Matemática y, específicamente, para miembros del área de conocimiento de Didáctica de la Matemática.
- Profesores universitarios interesados en el desarrollo de estudios longitudinales, aplicando modelos ARIMA al análisis de datos y, en general, a todo el profesorado interesados en cuestiones metodológicas, cual sería, a los miembros del área de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación (MIDE).
- Profesores universitarios interesados en las cuestiones cuantitativas, en la evaluación de la investigación y en cuestiones de información científica.
- Investigadores educativos, en general, orientadores y asesores de Enseñanza Primaria y Secundaria, que disponen de una base en Educación Matemática en la que localizar información relevante para ser comunicada a los docentes.
- Políticos y administradores de la ciencia interesados en políticas científicas, en el desarrollo de agendas de investigación y en el control de la producción científica.

Independientemente de los agentes interesados, este estudio tiene ciertas virtualidades intrínsecas, dada la cuestión que se indaga. A saber:

- Analiza diacrónicamente la producción científica en un campo de las Ciencias de la Educación, a través de un análisis de tendencias de corte eminentemente longitudinal. Ello representa una innovación en la investigación educativa española.
- Considera la tesis doctoral como una unidad de análisis cargada de significación científica y, en consecuencia, este estudio ofrecerá pautas de mejora.
- Por último, y no menos importante, homologa la investigación educativa española con pautas internacionales que no la desmerecen en rigor, originalidad y significancia, tanto teórica como práctica.

## **CAPÍTULO 7.**

### **Método**

#### **7.1. Población y muestra.**

Según López López (1996), una de las fuentes documentales más importantes para estudiar el estado de la investigación de un país es a través de la literatura científica correspondiente a las tesis doctorales. De acuerdo con ello, la población objeto de estudio la conforman las tesis doctorales de Educación Matemática leídas en las universidades españolas durante un periodo superior a 30 años. Concretamente se analizarán desde las primeras tesis leídas en este campo de estudio, allá por el año 1975, hasta las defendidas en el año 2002.

El criterio para establecer que una tesis doctoral corresponde a nuestro campo de análisis, es decir, a la Educación Matemática, ha consistido en detectar si su objeto de estudio se refiere a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en cualquiera de los niveles educativos, y tópicos de indagación como innovación, diseño y desarrollo curricular, formación del profesorado o fundamentación teórica del campo de la Educación Matemática.

El sistema seguido para seleccionar las tesis doctorales no ha podido servirse de manera general de la base de datos TESEO. La causa de esta carencia se debe a que dicha base comenzó a registrar datos sólo a partir del año 1976; a lo que se une su lenta

actualización, aspecto que ralentiza la investigación de este tipo de documentos. Estas limitaciones nos obligan a utilizar otras fuentes de datos alternativas como son:

- ? Centro de Documentación Thales y revistas: Revista de Investigación Educativa, Enseñanza de las Ciencias, Epsilon, SUMA y Boletines de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática.
- ? Bibliotecas de las universidades españolas más productivas en este campo, según se infiere del estudio de Torralbo (2001).
- ? Bases de datos de las propias universidades, las cuales, en su mayoría, tienen un catálogo específico para las tesis doctorales.
- ? Citaciones artesanales cruzadas.

#### 7.1.1. Secuencias de búsqueda en TESEO.

La consulta de la base de datos TESEO, que se ha constituido como la fuente capital de la que se extrae la información, se realizó en distintos momentos a lo largo de la investigación, utilizando siempre los mismos descriptores. Seguidamente se ofrece la secuencia de descriptores, para determinar la muestra objeto de estudio:

educ* y matem* .	Azar y matem*.
Bibliometri* y matem*.	Aritmética
(didactic*educacion*) y matematica*.	Geometría y educ*
Matematica.	EGB y matem*
Numer*.	Educ* y primaria
Razona* y matem*	Educ* y secundaria
(enseña* aprend*) y matem*.	Contar y matem*
Logic* y matem*.	Instrucción y matem*
Profesor* y matem*.	Historia* y matem*
Calcul* y matem*.	Escuela y matem*.
Evalua* y matem*.	Escolar y matem*
Problema* y matem*.	

### 7.1.2. Selección y tamaño de la muestra.

A partir de un universo numéricamente indefinido (tesis doctorales españolas) se selecciona mediante un muestreo intencional, con auxilio de expertos, una población (tesis doctorales en Educación Matemática). De esta población, conformada por 248 tesis, se pretende acceder a todas ellas; pero sólo 7 no han podido ser recuperadas ni consultadas. En consecuencia, la muestra operante se queda constituida por 241 tesis doctorales.

Aunque tenemos que aclarar que en las primeras variables cuantitativas se opera con toda la población; al ser estas variables relativas a datos referenciales de las propias tesis doctorales; datos como: género del autor, institución y director, entre otros.

Resumiendo, se ha realizado un muestreo polietápico (dos estadios). Primero, muestreo intencional, sobre un universo general, hasta conformar una población de 248 tesis doctorales. Segundo, un muestreo censal, hasta conseguir una muestra operante de 241.

### 7.1.3. Evaluación crítica de las tesis doctorales como fuentes documentales.

Dado que este estudio trabaja con información contenida en documentos (tesis) comparte características de la investigación histórica. Por ello, debe evaluarse cuidadosamente tales documentos para atestiguar su valor para los fines pretendidos en este estudio. Esta evaluación de documentos o fuentes se conoce como *evaluación crítica* o crítica histórica de fuentes; y a los datos generados por ella, pruebas históricas.

Esta evaluación crítica adopta dos modalidades:

1. *Crítica interna*, en la que se valora la autenticidad de cada documento (tesis). Aquí se ha tratado de controlar de varios modos:

- a. Denotando que la tesis doctoral está incluida en TESEO; así el 80% de la tesis están indizadas por TESEO. La inclusión en tal base legitima la fuente.
  - b. Comprobando su indización en las bases de datos de las bibliotecas de cada universidad. Alrededor del 10% se han validado por esta vía.
  - c. Acudiendo a expertos y, demandando si avalan tal documento como una verdadera tesis; alrededor de otro 10% de las tesis. Sobre todo las más recientes, aún no incluidas en TESEO, han sido autenticadas de este modo.
  - d. Por otro lado, dado que trabajamos con documentos/tesis completas (fuentes primarias) obtenidas vía préstamo interbibliotecario o visita *in situ* a la biblioteca depósito, estimamos que no existe fraude, falsificación, engaño o distorsión. Esta preocupación no es baladí pues tesinas de licenciatura podrían haber pasado como tesis doctoral. Al disponer del documento se puede establecer y comprobar datos; entre otros, el mismo título enuncia que es una tesis doctoral.
2. *Crítica externa*, asimilable a la fiabilidad en la recogida de datos. Una vez establecida la autenticidad del documento, se trata de evaluar la precisión de los datos en los contenidos. Aquí la disponibilidad física de las tesis ha permitido alcanzar una dosis alta de precisión. Además, y con la intención de incrementar tal crítica externa, se ha procurado que:
- a. La recolectora sea manifiestamente competente y esté entrenada en la lectura del documento y en el registro de datos.
  - b. La obtención de datos se hizo de un modo natural, no obstrusivamente, sin carga alguna de reactividad condicionada.
  - c. La recolectora no manifiesta prejuicio, predisposición, sesgo, ni auto-engaño.

## 7.2. Variables e indicadores del estudio.

La conformación de las variables e indicadores del estudio se valida en base a la técnica del análisis de contenido (Cohen y Manion, 1990). Así se distinguen tres grandes macro-categorías (cienciométrica, conceptual y metodológica), y cada una de ellas con una serie de categorías que asimilamos a variables.

Las unidades de análisis son inferibles tras la lectura del documento y quedarán consideradas como niveles (si la variable es nominal) o rangos (si es indicador). Obsérvese que se trata de un análisis de contenido, a nivel manifiesto, que generará unos instrumentos de recogida de datos. El uso de análisis de contenido en el estudio de documentos relativos a la Educación Matemática ha sido fructíferamente utilizado; un ejemplo de ello es el trabajo de Fernández Cano y Rico (1992) en el que analizaron la prensa escrita hasta inferir modelos curriculares relevantes y aportes cualificados para la práctica educativa.

Concretando, la categorización de los indicadores y variables se sustenta en una triple clasificación: variables cienciométricas, conceptuales y metodológicas. Seguidamente se expone dicha categorización de cada una de estas variables; sobre las cuales se han recogido los datos relativos a esta investigación. Diferenciamos entre variable e indicador, ya que entendemos por indicador a una variable discreta o discretizada con cero absoluto (numéricamente evidente) mientras que variables nominales y continuas serán consideradas como variables genéricas. La entronización del concepto de indicador como una variable obedece a una fuerte tradición en el campo de la Ciencimetría (véase van Raan, 1996; Moed *et al.*, 1985; Velho, 1994).

### 7.2.1. Variables cienciométricas.

Tabla 9. Variables cienciométricas consideradas en este estudio

<b>Nº</b>	<b>Denominación</b>	<b>Carácter</b>	<b>Categoría o Rango</b>	<b>Formato</b>
1	Año de lectura	Discreta	(1975, 2003)	Abierto
2	Género del autor	Nominal	(1, 3)	Abierto

3	Número del director	Discreta	(1, 4)	Abierto
4	Identidad del director	Nominal	(1, n)	Abierto
5	Género del director	Nominal	(1, 3)	Cerrado
6	Institución lectora	Nominal	(1, n)	Abierto
7	Número de instituciones	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
8	Institución de los directores	Nominal	(1, n)	Abierto
9	Centro de realización	Nominal	(1, n)	Abierto
10	Área de conocimiento	Nominal	(1, n)	Abierto
11	Número de áreas	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
12	Número de citas <sup>?</sup>	Discreta	(Q, n)	Abierto
13	Citas en español	Discreta	(Q, n)	Abierto
14	Citas en inglés	Discreta	(Q, n)	Abierto
15	Citas en francés	Discreta	(Q, n)	Abierto
16	Citas en otras lenguas	Discreta	(Q, n)	Abierto
17	Revistas citadas	Discreta	(Q, n)	Abierto
18	Revistas en español	Discreta	(Q, n)	Abierto
19	Revistas en inglés	Discreta	(Q, n)	Abierto
20	Revistas en francés	Discreta	(Q, n)	Abierto
21	Revistas otras lenguas	Discreta	(Q, n)	Abierto
22	Diez revistas más citadas	Nominal	(Q, 10)	Abierto
23	Libros citados	Discreta	(Q, n)	Abierto
24	Libros en español	Discreta	(Q, n)	Abierto
25	Libros en inglés	Discreta	(Q, n)	Abierto
26	Libros en francés	Discreta	(Q, n)	Abierto
27	Libros en otras lenguas	Discreta	(Q, n)	Abierto
28	Citas a otros documentos	Discreta	(Q, n)	Abierto
29	Antigüedad promedio de las citas	Continua	(Q, m <sup>?</sup> )	Abierto
30	Variabilidad de las citas	Continua	(Q, m)	Abierto

<sup>?</sup> Observación central: Se asocia cita con referencia bibliográfica.

<sup>?</sup> m: Se admiten hasta dos cifras decimales.

31	Autores citados	Nominal + Discreta	(1, n)	Abierto
32	Lengua de edición	Nominal	(1, n)	Abierto
33	Número de páginas	Discreta	(1, n)	Abierto
34	Número de páginas de anexos	Discreta	(0, n)	Abierto
35	Financiación del estudio	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado

### 7.2.2. Variables conceptuales.

Tabla 10. Variables conceptuales consideradas en este estudio

<i>Nº</i>	<i>Denominación</i>	<i>Carácter</i>	<i>Categoría o Rango</i>	<i>Formato</i>
1	A. General	Nominal	(1, 9)	Cerrado
2	B. Política	Nominal	(1, 9)	Cerrado
3	C. Psicología de la E. Matemática	Nominal	(1, 9)	Cerrado
4	D. Educación e instrucción en matem.	Nominal	(1, 9)	Cerrado
5	E. Fundamentos de las matemáticas	Nominal	(1, 9)	Cerrado
6	F. Aritmética Tª de los números	Nominal	(1, 9)	Cerrado
7	G. Geometría	Nominal	(1, 9)	Cerrado
8	H. Álgebra	Nominal	(1, 9)	Cerrado
9	I. Análisis	Nominal	(1, 9)	Cerrado
10	K. Combinatoria y teoría de grafos	Nominal	(1, 9)	Cerrado
11	M. Modelos matemáticos	Nominal	(1, 9)	Cerrado
12	N. Matemáticas numéricas	Nominal	(1, 9)	Cerrado
13	U. Materiales educativos y multimedia	Nominal	(1, 9)	Cerrado

## 7.2.3. Variables metodológicas.

Tabla 11. Variables metodológicas consideradas en este estudio

<b>Nº</b>	<b>Denominación</b>	<b>Carácter</b>	<b>Categoría o Rango</b>	<b>Formato</b>
1	Enfoque metodológico	Nominal	(1, 5)	Cerrado
2	Teoría	Nominal	(1, 10)	Abierto
3	Cuestión de investigación	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
4	Enuncial o de objetivos generales	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
5	Enuncial o de objetivos específicos	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
6	Enuncial o de hipótesis	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
7	Metodología	Nominal	(1, 4)	Cerrado
8	Revisión bibliográfica	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
9	Referencias bibliográficas	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
10	Definición de términos	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
11	Instrumentos de recogida	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
12	Instrumentos específicos	Nominal	(0, 10)	Abierto
13	Instrumentos estandarizados	Nominal	(0, 4)	Cerrado
14	Validez del instrumento	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
15	Tipos de validez del instrumento	Nominal	(1, 5)	Abierto
16	Fiabilidad del instrumento	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
17	Procedimientos de fiabilidad	Nominal	(1, 5)	Abierto
18	Unidad básica de análisis	Nominal	(1, 6)	Abierto
19	Nivel académico	Nominal	(1, 8)	Abierto
20	Identificación de la población	Tricotómica	(1, 3)	Cerrado
21	Selección aleatoria	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
22	Técnicas de muestreo	Nominal	(1, 8)	Abierto
23	Tamaño muestral	Discreta	(1, n)	Abierto

24	Tipo de diseño general	Nominal	(1, 6)	Abierto
25	Tipo de diseño específico	Nominal	(1, 6)	Abierto
26	Temporalización	Nominal	(1, 4)	Cerrado
27	Amenazas a la validez del diseño	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
28	Control de las amenazas	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
29	Uso de estadísticos descriptivos	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
30	Tipo de estadísticos descriptivos	Nominal	(1, 4)	Abierto
31	Uso de valores $p$	Dicotómica	(1, 2)	Abierto
32	Inferencia estadística	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
33	Técnicas de inferencia estadística	Nominal	(1, 7)	Abierto
34	Técnicas correlacionales y multivariadas	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
35	Tipos de técnicas correlacionales y multivariadas	Nominal	(1, 9)	Abierto
36	Análisis cualitativo	Nominal	(1, 6)	Abierto
37	Triangulación	Nominal	(1, 9)	Abierto
38	Hallazgos	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
39	Cuestiones abiertas	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
40	Implicación para la teoría	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado
41	Implicación para la práctica	Dicotómica	(1, 2)	Cerrado

### 7.3. Instrumento de recogida de datos.

El instrumento de recogida de datos empleado está ya validado puesto que ha sido utilizado en distintos estudios anteriores, que tienen grandes similitudes con éste (Bueno, 2002; Expósito, 2003; Torralbo, 2001 y Vallejo, 2002). Estos estudios constituyen un marco de fundamentación teórica y práctica bastante importante; principalmente el estudio realizado por Torralbo.

El instrumento de recogida de datos se compone de una ficha técnica, en la que se recogen variables de tipo cuantitativo, conceptual y metodológico, que son incorporadas posteriormente a una base de datos para su tratamiento final.

La técnica central en la que se fundamenta este instrumento es el análisis de contenido ya que transformamos un documento escrito (tesis) no cuantitativo en datos cuantitativos, bien contenidos formalmente en el documento, o inferibles manifiestamente del documento.

### 7.3.1. Aproximación a la validez y fiabilidad de los instrumentos de recogida de datos.

La validez y fiabilidad de este instrumento están avaladas por el uso; pues como ya comentamos anteriormente ha sido utilizado en otros estudios. Zeller (1997) cuando habla de *validez de uso* aporta una nueva definición de validez que engloba a las tres modalidades clásicas (contenido, criterio y constructo) y considera que el uso continuado de un instrumento es una modalidad clave de validez cuando no hay conflicto manifiesto entre observación y realidad, y cuando los mensajes que posibilita no son cuestionados.

Previamente, hay que aclarar que los instrumentos de recogida fueron valorados a nivel de contenido por expertos en Métodos de Investigación, Educación Matemática e Información Científica. Tales expertos siempre consideraron que los instrumentos cubrían un amplio espectro de contenidos; por lo que su validez de contenido queda asegurada.

Habría que reiterar también que las variables conceptuales han sido recogidas en la revista ZDM (véase *Fachinformations Zentrum Karlsruhe*, 2004) y quedan validadas al ser éste un instrumento estandarizado y, por tanto, validado por el uso generalizado en la comunidad científica de los educadores matemáticos. Recientemente, a este instrumento ha sido incorporado otra categoría conceptual, categoría R, en la que se agrupa todo lo relacionado con el empleo de la informática en la enseñanza de las matemáticas.

No obstante, para determinar la validez de este nuevo instrumento; éste ha sido sometido a consenso de expertos procedentes de distintas áreas de conocimiento y universidades españolas, los cuales reafirmaron que los consideraban válidos para los propósitos declarados en este estudio.

En cuanto a la fiabilidad de los instrumentos, se ha realizado un doble proceso de su determinación:

1. *Fiabilidad inter-recolectores*: Dos recolectores fueron vaciando 5 tesis elegidas al azar de la muestra disponible para completar las correspondientes hojas de recogida de datos. Se alcanzó un coeficiente de concordancia para 2 recolectores y 5 tesis doctorales del 91%. El porcentaje de acuerdo en las respuestas es un índice de fiabilidad ampliamente utilizado y que Birkimer y Brown (1979) lo comparan con el “ave fénix” pues resucita periódicamente para ser cada vez más utilizado. Con el auge de las metodologías cualitativas ha pasado a ser el coeficiente de concordancia por antonomasia (véase Miles y Huberman, 1994).
2. *Fiabilidad intra-recolectores*: Un mismo recolector vació diez tesis elegidas al azar de entre la muestra disponible en dos momentos separados por lapso de tiempo de seis meses. El coeficiente de acuerdo entre las respuestas de la primera y la segunda recolección alcanzó un porcentaje de concordancia superior al 95%.

Dada la voluminosa masa de datos a recoger y la imposibilidad fáctica de realizar esta doble fiabilidad inter-recolector e intra-recolector, el investigador principal fue recogiendo datos de todas las tesis que conforman la muestra disponible; y, en caso de duda ostensible, se remitía a los directores hasta alcanzar un consenso en la recogida de los datos. Esta aproximación es muy propia de los estudios meta-analíticos (véase Cooper y Hedges, 1994) y aquí se ha utilizado profusamente, sobre todo, cuando la variable se obtenía a partir de items con formato abierto.

7.3.2. Instrumento de recogida de datos cuantitativos.

**INSTRUMENTO 1**

**FICHA TÉCNICA DE LOS CAMPOS A CUMPLIMENTAR EN LA BASE DE DATOS CUANTITATIVOS**

Tras la lectura exhaustiva de cada tesis doctoral se cumplimentan los diversos campos de la hoja de registro siguiendo su orden y atendiendo a las siguientes indicaciones.

Si en la tesis no se hace mención a alguno de los datos requeridos, se registra no lo indica. Es preferible dejar un campo en blanco, como valor perdido (*missing*) si no podemos inferir con certeza el dato.

---

1. **Año de lectura de la tesis.** [Dato numérico, 4 cifras].
  
2. **Género autor.** Género del autor de la tesis según se infiera por el nombre propio. Se anotará:  
“H” si es hombre.  
“M” si es mujer.  
“I” si no se puede determinar por el nombre propio.
  
3. **Número directores.** Número de directores en cifra. [Numérico, 1 cifra].
  
4. **Identidad directores.** Identificación de los directores de la tesis. Poner los dos apellidos. Incluir todos los directores de la tesis en caso de codirección. [Dato verbal].
  
5. **Género directores.** Género del director de la tesis según se infiera por el nombre de propio. Se anotará:  
“H” si es hombre.  
“M” si es mujer.  
“I” si no se puede determinar por el nombre propio.

---

Para codirección, indicar sexo según orden de firma (p.e.: H-M: Se trataría de una tesis dirigida por un hombre y una mujer). [Verbal].

6. **Institución lectura.** Universidad donde se lee la tesis. [Verbal].
7. **Número instituciones.** Número de instituciones a las que pertenecen los directores. (Si todos los directores pertenecen a la misma institución, indíquese 1,...) [Numérico, 1 cifra].
8. **Instituciones directores.** Universidad o centro de investigación a la que pertenece el director. Si son dos o más, indicarlo uniéndolas (p.e.: Complutense-Valladolid) [Verbal].
9. **Centro de realización.** Centro de realización según la base de datos TESEO (p.e.: Dpto, Facultad). [Verbal].
10. **Área conocimiento directores.** Área de conocimiento del director de la tesis. Si son dos o más, indicarlo uniéndolas (p.e.: MIDE-DDM). [Verbal].
11. **Número de áreas.** Número de áreas de los directores (p.e.: Si todos los directores pertenecen a una misma área, indíquese con 1,...). [Numérico, 1 cifra].
12. **Número de citas<sup>?</sup>**. Número total de citas dado por las referencias bibliográficas (p.e.: Si una tesis consta de 23 referencias, aunque haya autores con varias, complétese con 23). [Numérico, 4 dígitos].
13. **Citas en español.** Número de referencias bibliográficas en lengua española o castellana (aquella publicación original o traducción en/a la lengua española, aunque no necesariamente el autor sea español). [Numérico, 3 cifras].

---

<sup>?</sup> Obsérvese que asociamos número de citas a número de referencias bibliográficas. Este isomorfismo pudiera ser cuestionable aunque hoy parece ser universalmente aceptado.

14. **Citas en inglés.** Número de referencias bibliográficas en lengua inglesa. [Numérico, 3 cifras].
15. **Citas en francés.** Número de referencias bibliográficas en lengua francesa. [Numérico, 3 cifras].
16. **Citas en otras lenguas.** Número de referencias bibliográficas en idiomas distintos al español, inglés y francés. [Numérico, 3 cifras].
17. **Revistas citadas.** Número total de veces que se citan o se hace referencia a las diversas revistas (sin destacar nombre, si una misma revista es citada varias veces,  $n$ , entonces se contabiliza como  $n$  y no como 1). [Numérico, 3 cifras].
18. **Revistas en español.** Número de veces que revistas en español son citadas, aunque una misma se repita. [Numérico, 3 cifras].
19. **Revistas en inglés.** Número de veces que revistas en inglés son citadas, aunque una misma se repita. [Numérico, 3 cifras].
20. **Revistas en francés.** Número de veces que revistas en francés son citadas, aunque la misma se repita. [Numérico, 3 cifras].
21. **Revistas en otras lenguas.** Número de veces que se citan revistas en otros idiomas distintos al español, inglés y francés. [Numérico, 3 cifras].
22. **Las diez revistas más citadas.** Nombre de las diez revistas más citadas. [Verbal].
23. **Libros citados.** Número total de libros que se referencian. [Numérico, 3 cifras].
24. **Libros en español.** Número de veces que libros escritos en español son citados, aunque se trate de traducciones. [Numérico, 3 cifras].

- 
25. **Libros en inglés.** Número de veces que libros en inglés son citados. [Numérico, 3 cifras].
26. **Libros en francés.** Número de veces que libros en francés son citados. [Numérico, 3 cifras].
27. **Libros en otras lenguas.** Número de veces que se citan libros en otros idiomas distintos al español, inglés y francés. [Numérico, 3 cifras].
28. **Otras citas.** Número de referencias a estudios no contenidos en libros, ni en revistas. Se trataría de actas de congresos, tesis, *papers* de bases de datos tipo, ERIC o UMI, documentos internos, informes,... O sea, “literatura gris” sin ISSN o ISBN. [Numérico, 3 cifras].
29. **Media de las citas.** Antigüedad promedio de las referencias bibliográficas. Se calcula mediante la media aritmética de la distribución de antigüedad de las referencias (p.e.: Si la referencia CRONBACH, 1974 está contenida en un número de BORDON de 1990, la antigüedad de la cita será de 16 años; o sea la diferencia entre el año de lectura de la tesis y el año de la referencia bibliográfica). Complétese con una cifra decimal. [Numérico, ???.?].
30. **Variabilidad de las citas.** Variabilidad de la antigüedad de las referencias bibliográficas. Se calcula mediante la desviación típica de la distribución de antigüedad de las referencias. Complétese con una cifra decimal. [Numérico, ???.?].
31. **Autores citados.** Relación de autores citados, póngase solamente el primer apellido. Cuando a un mismo autor se le referencian varias obras, debe ser contabilizado tantas veces como obras (p.e.: Si el autor VALDEZ se le referencian 5 trabajos debe aparecer como VALDEZ&5,...; solamente los 10 autores más citados, con el número de referencias que se citan). [Verbal].
32. **Lengua en que está elaborada la tesis.** Idioma de redacción de la tesis. [Verbal].

33. **Número de páginas.** Número de páginas de la tesis sin anexos. [Numérico].

34. **Número de páginas anexos.** Número de páginas de los anexos de la tesis.[Numérico].

35. **Financiación o no para la realización de la tesis.** Completar con:

“Sí”, si se declara o indica la institución que financia.

“No” si no ha sido financiada o no se reconoce explícitamente la financiación.

7.3.3. Instrumento de recogida de datos conceptuales.

## INSTRUMENTO 2

### FICHA TÉCNICA DE LOS CAMPOS A CUMPLIMENTAR EN LA BASE DE DATOS CONCEPTUALES

A continuación se presenta una clasificación de todos los campos existentes en Didáctica de las Matemáticas según el ZDM (*Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*). Cada una de estas categorías temáticas en las que puede enmarcarse la tesis, estará representada por una anotación de dos dígitos: Una letra mayúscula, que determina las distintas clases generales y un dígito, que divide las clases en subclases especiales. Ejemplo: Si decimos que una tesis puede clasificarse como G20, estamos indicando que se trata de Geometría y en concreto, geometría informal.

Tras leer la tesis doctoral, se cumplimenta los diversos campos de la hoja de registro siguiendo su orden y atendiendo a las indicaciones dadas para el instrumento anterior.

NOTA: Una misma tesis podrá clasificarse dentro de varias categorías, pero no incluir nunca en más de seis.

---

#### A. General.

A 10. Trabajos de comprensión de matemáticas. Libros de referencia, enciclopedias y diccionarios.

? Libros de texto, ver U20.

? Material para reproducción, ver U90.

? Trabajos de comprensión sobre disciplinas especiales, ver cada disciplina.

? Tablas matemáticas, ver U70.

A 20. Matemáticas recreativas.

? Juegos educativos, ver U60.

A 30. Biografías. Historia de las matemáticas y de la enseñanza de las matemáticas.

? Innovación en educación, ver D30.

A 40. Temas sociológicos y políticos. La profesión de enseñar. Carreras de matemáticas, mercado de trabajo.

? Aspectos sociológicos del aprendizaje, ver C60.

? Educación política en la clase de matemáticas, ver D30.

A 50. Bibliografías. Información y documentación.

A 60. Actas. Informes de conferencias.

A 70. Tesis y tesis postdoctorales.

A 80. Estándares.

A 90. Historias con dibujos. Cómic. Ficción. Juegos.

? Matemáticas recreativas, ver A20.

? Juegos educativos, ver U60.

**B. Política Educativa y Sistema Educativo.** (Investigación Educativa, Reformas Educativas, Proyectos piloto, Documentos Oficiales, Programas de Estudio).

B 10. Investigación educativa y planificación.

B 20. Educación general.

? Programaciones, ver B70.

B 30. Educación vocacional.

? Programaciones, ver B70.

B 40. Educación superior.

B 50. Formación de profesorado (formación inicial y permanente del profesorado).

B 60. Educación Extraescolar. Educación de adultos y formación complementaria. (Escuelas de verano, trabajo en grupos, competiciones estudiantiles, estudio privado)

---

B 70. Programaciones, guías curriculares, documentos oficiales.

? Evaluación de programaciones en clases piloto, ver D30.

**C. Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática. Aspectos sociales.**

C 10. Trabajos comprensivos e informes.

C 20. Aspectos afectivos (motivación, ansiedad, interés, actitudes, sentimientos. Autoconcepto. Atención. Desarrollo afectivo).

C 30. Procesos cognitivos. Aprendizaje, teorías de aprendizaje (procesos de pensamiento, procesamiento de información, formación de conceptos, resolución de problemas, comprensión. Aprendizaje. Memoria. Percepción. Desarrollo cognitivo).

? Concepto de enseñanza, ver E40.

? Enseñanza de resolución de problemas, ver D50.

? Aprendizaje social, ver C60.

? Aprendizaje con textos, ver C50.

? Procesos de enseñanza – aprendizaje, ver C70.

C 40. Inteligencia y aptitudes. Personalidad (talento, inteligencia, habilidades y destrezas, creatividad. Conducta. Rasgos de la personalidad, desarrollo de la personalidad).

? Dificultades del aprendizaje y errores del estudiante, ver D70.

? Control del rendimiento, ver D60.

? Educación especial, ver C90.

C 50. Lenguaje y comunicación (estilos de lenguaje del alumnado/profesorado. Adquisición del lenguaje. Aprendizaje con textos. Dificultades del lenguaje, multilingüismo, aprendizaje y enseñanza de las matemáticas en una segunda lengua. Competencia comunicativa).

? Lenguaje matemático, ver E40.

- ? Legibilidad de los libros de textos, ver U20.
- C 60. Aspectos sociológicos del aprendizaje (dinámica de grupos, interacción interpersonal. Aprendizaje social. Roles. Influencias sociales económicas y culturales).
  - ? Métodos de enseñanza, ver D40.
  - ? Matemáticas y sociedad, ver A40.
- C 70. Procesos de enseñanza-aprendizaje. Evaluación de la instrucción (relaciones entre los procesos de enseñanza, p.e.: Actitudes del profesorado, métodos de enseñanza - y procesos de aprendizaje - e.g. actitudes del alumnado, logros. Enseñanza efectiva).
  - ? Interacción alumnado-profesorado, ver también C50, C60.
  - ? Aprendizaje, ver C30.
  - ? Métodos de enseñanza, ver D40.
- C 80. Otros aspectos psicológicos (p.e.: Teoría sobre los tests, neuropsicología, métodos de investigación en psicología).
- C 90. Otros aspectos educacionales (p.e.: Educación especial, educación vocacional, teoría curricular, andragogía).
  - ? Enseñanza de las matemáticas, ver D.
  - ? Multimedia educativa e investigación en multimedia, ver U10.
  - ? Educación multimedia, ver U.

#### **D. Educación e Instrucción en Matemáticas.**

- D 10. Trabajos comprensivos y estudios sobre la formación matemática general y en diferentes niveles y tipos. Estudios comparativos sobre la Educación Matemática en diferentes países.
- D 20. Contribuciones teóricas y filosóficas a la didáctica de las matemáticas. Métodos de investigación. Teoría de la educación de las matemáticas.
  - ? Historia, ver A30.

- 
- ? Teorías de aprendizaje, ver C40.
  - ? Investigación de enseñanza-aprendizaje, ver C70.
- D 30. Objetivos de la enseñanza de las matemáticas. Desarrollo curricular (formación matemática. Formación de las habilidades generales mediante la instrucción matemática. Competencias mínimas. Objetivos y contenidos de la formación matemática, también con respecto a las demandas culturales. Impactos de las nuevas tecnologías sobre la instrucción matemática. Innovación y tendencias. Investigación curricular. Interacción con otros temas).
- ? Programaciones y currícula, ver B70.
  - ? Historia de la instrucción matemática, ver A30.
  - ? Política educativa en la clase de matemáticas, ver A40.
  - ? Socialización en la instrucción matemática, ver C60.
- D 40. Métodos de enseñanza y técnicas de clase. Preparación de la lección. Principios educativos (p.e.: La clase, conversación, organización de clase, enfoque de enseñanza, habilidad grupal).
- ? Instrucción programada, ver U50.
  - ? Interacciones, ver C50, C60, C70.
  - ? Evaluación de la instrucción, ver C70.
  - ? El lenguaje en la instrucción matemática, ver C50.
  - ? Preparación para los exámenes, ver D60.
  - ? Material didáctico para preparar lecciones, ver U30.
  - ? Enseñanza interdisciplinar, ver M10.
- D 50. Investigación y resolución de problemas (p.e.: Enseñanza de la resolución de problemas y estrategias heurísticas, metodología de la resolución de problemas, clasificación de ejercicios, resolución de problemas en el curriculum).
- ? Aspectos psicológicos de la resolución de problemas, ver C30.
  - ? Ver también las teorías sobre tests C80.

? Problemas y preguntas de competición, ver U 40.

D 60. Evaluación del alumnado (control de resultados y valoración. Logros matemáticos. Evaluación de los logros del alumnado. Control y medida del conocimiento, habilidades y destrezas. Exámenes, preparación para los exámenes).

? Errores del alumnado, ver D70.

? Libros de problemas, ver U40.

? Habilidades como rasgos de personalidad, ver C40.

D 70 Diagnóstico, análisis y recuperación de las dificultades de aprendizaje, ideas equivocadas y errores del estudiante.

? Educación especial, ver C90.

? Control de resultados y valoración, ver D60.

D 80. Unidades de enseñanza, documentación y temas de la lección.

### **E. Fundamentos de las Matemáticas.**

E 10. Trabajos comprensivos sobre los fundamentos de las matemáticas y su enseñanza. Metodología de la investigación matemática.

E 20. Metamatemáticas. Aspectos filosóficos y éticos de las matemáticas. Epistemología.

? Historia de las matemáticas, ver A30.

E 30 Lógica. Adquisición de las habilidades del razonamiento lógico verbal en la instrucción matemática.

? Álgebra de Boole, ver H50.

E 40. Lenguaje matemático. Formalización. Definición. Métodos axiomáticos y axiomática. Adquisición de los conceptos matemáticos.

? Aspectos psicológicos de la formación de conceptos, ver C30.

? Comunicación verbal, ver C50.

? Concepto numérico, ver F20.

? Planos y funciones, ver I20.

E 50. Métodos de demostración. Razonamiento y demostración en la clase de matemáticas.

E 60. Conjuntos. Relaciones. Teoría de Conjuntos.

? Aplicaciones y funciones, ver I20.

E 70. Varios.

### **F. Aritmética. Teoría de Números. Cantidades.**

F 10. Trabajos comprensivos sobre aritmética y la enseñanza de la aritmética.

F 20. Etapa prenumérica. Concepto de número, contar.

F 30. Números naturales y operaciones con números naturales. Valor posicional. Lápiz y papel aritmético, aritmética mental.

? Estimaciones, ver N20.

? Representaciones de los números (matemáticas numéricas), ver N20.

F 40. Enteros. Números racionales. Operaciones aritméticas con enteros, fracciones y decimales. Extensiones del ámbito numérico.

F 50. Números reales, potencias y raíces. Operaciones aritméticas con números reales, potencias y raíces. Números complejos.

F 60. Teoría de números.

F 70. Medidas y unidades (concepto de cantidad, operaciones con medidas y unidades específicas).

? Áreas, volúmenes, ver G30.

F 80. Razón y proporción. Regla de tres. Porcentajes y cálculo del interés. Problemas de mezclas (p.e.: Cantidades proporcionales, cantidades inversamente proporcionales).

? Las matemáticas en la formación vocacional, ver M20.

F 90. Matemáticas prácticas, resolución de problemas reales (p.e. problemas de la vida real)

? Modelización y aplicaciones matemáticas, ver M.

? Enseñanza de resolución de problemas D50.

? Comprensión lingüística de problemas de enunciado verbal, ver C50.

### **G. Geometría.**

G 10. Textos comprensivos de geometría y de la enseñanza de geometría.

G 20. Geometría informal (orientación espacial. Figuras geométricas básicas)

? Etapa prenumérica, F20.

G 30. Áreas y volúmenes. (Longitudes y áreas, volúmenes y áreas de superficies).

? Cantidades y unidades, ver también F70.

? Problemas verbales, ver F90.

G 40. Geometría sólida y del plano. Geometría en espacios multidimensionales.

? Transformaciones geométricas, ver G50.

G 50. Transformaciones geométricas (Isometrías, semejanzas).

G 60. Trigonometría esférica.

G 70. Geometría analítica. Álgebra vectorial.

G 80. Geometría descriptiva.

? Dibujo técnico, ver M20.

? Cartografía, ver M50.

G 90. Varios (E.g.: Conjuntos convexos, embalajes, cubiertas, geometrías no euclideas, geometrías finitas).

? Fractales, ver I90.

---

## H. Álgebra.

? Métodos numéricos en álgebra, ver N30.

H 10. Trabajos comprensivos sobre álgebra y su enseñanza.

H 20. Álgebra elemental (Variables, manipulación de expresiones. Teorema binomial. Polinomios. Sumas finitas.

? Teoría de ecuaciones, ver H30.

H 30. Teoría de ecuaciones e inecuaciones.

? Variables, términos, ver H20.

H 40. Operaciones. Grupos, anillos, cuerpos.

? Reglas de computación, ver H30.

H 50. Estructuras algebraicas ordenadas. Retículos. Álgebra de Boole.

? Lógica proposicional, ver E30.

H 60. Álgebra lineal. Álgebra multilineal. (Espacios vectoriales, gráficos lineales, matrices, determinantes, teoría de las ecuaciones).

? Álgebra vectorial, ver G70.

H 70. Varios (p.e.: Topología algebraica, geometría algebraica).

## I. Análisis.

? Análisis numérico, ver N40.

I 10. Trabajos comprensivos sobre cálculo y su enseñanza.

I 20. Aplicaciones y funciones. Propiedades elementales de las funciones. Funciones especiales (Concepto de función, representación de funciones, gráficas de funciones. Funciones de una variable real. Monotonía, continuidad, límites).

? Sucesiones, ver I30.

? Polinomios, ver H20.

I 30. Sucesiones, series, series de potencias. Convergencia, sumabilidad (productos infinitos, integrales).

- I 40. Cálculo diferencial (p.e.: Dibujo de curvas, problemas de extremos).
- I 50. Cálculo integral. Teoría de la medida, Integrales de diferentes tipos. (p.e. aplicaciones sobre cuerpos de revolución).
- I 60. Funciones de varias variables. Geometría diferencial.
- I 70. Ecuaciones funcionales (Definición de funciones. Ecuaciones en diferencias, ecuaciones integrales).
- I 80. Funciones de variable compleja, aplicaciones conformes.
  - ? Números complejos, ver F50.
- I 90. Varios (p.e.: Análisis funcional, topología conjuntista, teoría de catástrofes, análisis no estándar, fractales, teoría del caos).

#### **K. Combinatoria y Teoría de Grafos. Estadística y Probabilidad.**

- K 10. Trabajos de comprensión sobre procesos estocásticos y su enseñanza.
- K 20. Combinatoria (Teoría de la combinatoria clásica, configuraciones, cuadrados latinos).
  - ? Teselaciones y empaquetamientos, ver G90.
- K 30. Teoría de grafos.
  - ? Matemáticas discretas, ver N70.
  - ? Geometrías finitas, ver G90.
- K 40. Estadística descriptiva, manejo de datos estadísticos, métodos gráficos de representación de datos, análisis de datos.
- K 50. Concepto de probabilidad y teoría de la probabilidad.
- K 60. Distribuciones de la probabilidad, procesos estocásticos, límites.
- K 70. Inferencia estadística (métodos, métodos no paramétricos, robustez, enfoque bayesiano, metodología y fundamentos).
- K 80. Análisis de correlación y regresión. Estadística multivariante (discriminación, análisis de agrupamientos, análisis factorial).
- K 90. Estadística aplicada (p.e.: Simulación, teoría de decisión, fiabilidad, control de

calidad).

### **M. Modelos Matemáticos, Matemáticas Aplicadas.**

M 10. Matematización, su naturaleza y su uso en educación. Interdisciplinariedad. Trabajo comprensivo sobre aplicaciones de matemáticas.

? Probabilidad y estadísticas, ver K.

? Métodos numéricos, ver N.

? Interacciones con otros temas, ver D30.

M 20. Las matemáticas en la formación vocacional y en las carreras educativas.

? Ver también F80, F90.

M 30. Matemáticas financieras. Matemáticas de seguros.

M 40. Investigación de operaciones, económicas.

? Programación matemática, ver N60.

M 50. Física. Astronomía. Tecnología. Ingeniería. Ciencias de la computación. Ciencias de la Tierra.

M 60. Biología. Química. Medicina. Farmacia.

M 70. Ciencias de la conducta. Ciencias sociales. Educación.

M 80. Arte. Música. Lenguaje. Arquitectura.

M 90. Varios (p.e.: Deportes)

### **N. Matemáticas Numéricas. Matemáticas Discretas. Software Matemático.**

N 10. Trabajos comprensivos sobre matemáticas numéricas y su instrucción.

N 20. Representación de números, redondeo y estimación. Teoría de errores y cómputo con valores aproximados. Condicionantes.

N 30. Álgebra numérica (métodos de iteración para la solución ecuaciones no-lineales y sistemas de ecuaciones lineales y no lineales, álgebra numérica lineal).

N 40. Análisis numérico (soluciones numéricas de las ecuaciones diferenciales e

integrales, integración numérica y diferenciación).

N 50. Aproximación. Interpolación, extrapolación.

N 60. Programación matemática.

? Investigación operacional, ver M40.

N 70. Matemáticas discretas (métodos finitos en varios campos matemáticos, especialmente usados como fundamentación teórica en otras disciplinas).

? Combinatoria, ver K20.

? Teoría de grafos, ver K30.

? Geometrías finitas, ver G90.

? Ecuaciones en diferencia, ver I70.

N 80. *Software* Matemático. Colecciones de programas de ordenador

? *Software* para disciplinas especiales ver cada disciplina.

? El ordenador como un medio de enseñanza, ver U70.

N 90. Varios (p.e.: Matemáticas experimentales).

#### **U. Materiales educativos y Multimedia. Tecnología en educación.**

U 10. Trabajos comprensivos sobre materiales instructivos, tecnología educativa e investigación de medios.

U 20. Libros de texto. Análisis de los libros de texto, su desarrollo y evaluación. El uso del libro de texto en clase.

? Textos para disciplinas especiales, ver cada disciplina.

? Aprendizaje con textos, ver C50.

U 30. Manuales para el profesorado y planificación de ayudas (libros para el profesorado, libros de soluciones, ayudas para la enseñanza).

? Comentarios sobre programaciones y decretos, ver B70.

? Preparación de lecciones, ver D40.

- 
- ? Borrador de lecciones y unidades de enseñanza, ver D80.
  - U 40. Libros de problemas, preguntas de competencias y exámenes.
    - ? Competiciones de estudiantes, ver B60.
    - ? Preparación de exámenes y control de resultados, ver D60.
    - ? Enseñanza de resolución de problemas, ver D50.
  - U 50. Instrucción programada, enseñanza asistida por ordenador (CAI, sistemas tutoriales inteligentes, diseños de cursos).
    - ? *Software* educativo, ver U70.
  - U 60. Materiales manipulativos y su uso en el aula. (Visualizaciones, ayudas para la enseñanza, modelos, juegos educativos, hojas de trabajo, enseñanza en los laboratorios).
    - ? Juegos, ver A90.
  - U 70. Herramientas tecnológicas (ordenadores, calculadoras, software, instrumentos matemáticos etc.). Comentarios sobre su uso instruccional.
    - ? *Software* matemático, ver N80.
    - ? Colecciones de programas de ordenador, ver N80.
  - U 80. Medios audiovisuales y su uso en la educación (transparencias, películas, emisiones y televisión).
  - U 90. Varios. (Publicaciones de los estudiantes, materiales reproducción, exposiciones matemáticas).
    - ? Libros de referencia, ver A10.

7.3.4. Instrumento de recogida de datos metodológicos.

**INSTRUMENTO 3**

**FICHA TÉCNICA DE LOS CAMPOS A CUMPLIMENTAR EN LA BASE DE DATOS METODOLÓGICOS**

Tras leer la tesis doctoral, se cumplimenta los diversos campos de la hoja de registro siguiendo su orden y atendiendo a las siguientes indicaciones.

Si en la tesis no se hace mención de alguno de los datos requeridos, registre no lo indica. Es preferible dejar un campo en blanco, como valor perdido (*missing*) si no podemos inferir con certeza el dato.

---

1. **Paradigma- Enfoques metodológicos.** Indique o infiera el paradigma o enfoque metodológico desde o para el que trabaja el autor, englobándolo en los siguientes campos:

- N** (nomotético, científico, normativo).
- I** (ideográfico, naturalista, interpretativo, fenomenológico).
- C** (crítico, dialéctico, investigación-acción).
- X** (mixto, complementarista o múltiple).
- No lo indica.**

2. **Teoría.** Identifique la teoría o teorías desde o para la que trabaja el autor englobándolas en una o varias de las siguientes categorías según manifieste la tesis:

- Constructivismo.**
- Cognitivismo.**
- Procesamiento de la información.**

- Asociacionismo.**
- Teoría de la Gestalt.**
- Teorías Etnográficas.**
- Teorías Didácticas.**
- Teorías de la Historia.**
- Personalismo.**
- Otras, especificar cuales.**
- No lo indica.**

**3. Cuestión de investigación o problema.** Registre:

- SI**, si enuncia explícitamente un problema de investigación o una cuestión de investigación.
- NO**, si no la enuncia de forma explícita.

**4. Exposición de objetivos generales.** Registre:

- SI**, si enuncia explícitamente un objetivo general o más de uno.
- NO**, si no los enuncia de forma explícita.

**5. Exposición de objetivos específicos.** Registre:

- SI**, si enuncia explícitamente un objetivo específico o más de uno.
- NO**, si no los enuncia de forma explícita.

**6. Hipótesis.** Registre:

- SI**, si enuncia explícitamente las hipótesis.

**NO**, si no la enuncia de forma explícita.

7. **Metodología.** Completar:

**Q** (sí única o predominantemente cuantitativa).

**C** (sí única o predominantemente cualitativa).

**M** (sí utiliza ambas).

**No lo indica.**

8. **Realiza revisión bibliográfica.** Completar con:

**SI**, si realiza tal revisión.

**NO**, si no la realiza.

9. **Recoge referencias bibliográficas.** Completar con:

**SI**, si recoge referencias bibliográficas.

**NO**, si no las recoge.

10. **Definición de términos clave.** Si se definen o explicitan de algún modo los términos clave, completar con:

**SI**, si se definen los términos clave.

**NO**, si no se definen.

11. **Instrumentos de recogida de datos.** Recoger:

**SI**, si se utilizan instrumentos de recogida de datos.

**NO**, si no utiliza.

12. **Instrumentos específicos.** Identifique el tipo o tipos de instrumentos que el autor utiliza para la recogida de datos englobándolas en una o varias de las siguientes categorías según manifieste la tesis:

- Cuestionarios.**
- Documentos.**
- Entrevistas.**
- Escalas.**
- Observación.**
- Pruebas ad hoc.**
- Tests.**
- Notas de Campo.**
- Programas informáticos.**
- Otros, especificar cuales.**
- No lo indica.**

13. **Instrumentos de recogida de datos (estandarización.)** Indique únicamente:

- S**, si sólo utiliza instrumentos estandarizados.
- A**, si sólo utiliza instrumentos no estandarizados o pruebas “ad hoc”.
- M**, si utiliza ambos.
- No lo indica.**

14. **Validez del instrumento.** Completar con:

- SI**, si indica procedimientos de validación del instrumento.
- NO**, si no indica procedimientos de validación del instrumento.

15. **Tipos de validez de los instrumentos.** Identifique el procedimiento o procedimientos que el autor utiliza para la validación del instrumento englobándolo en una o varias de las siguientes categorías según manifieste la tesis:

- Pruebas piloto.**
- Validez de contenido.**
- Validez de constructo.**
- Validez de criterio.**
- Otros, especificar cuales.**
- No lo indica.**

16. **Fiabilidad del instrumento.** Completar con:

- SI**, si indica procedimientos de fiabilidad del instrumento.
- NO**, si no indica procedimientos de fiabilidad del instrumento.

17. **Procedimientos de fiabilidad del instrumento.** Identifique el procedimiento o procedimientos que el autor utiliza para la fiabilidad del instrumento englobándolo en una o varias de las siguientes categorías según manifieste la tesis:

- Consistencia interna.**
- Concordancia entre observadores.**
- Estabilidad.**
- Equivalencia.**
- Otros, especificar cuales.**
- No lo indica.**

---

18. **Unidad/es básicas de análisis.** En el análisis de datos las unidades básicas de análisis son (si son más de una indicarlas todas):

- Alumnos/ sujetos.**
- Profesores.**
- Grupos/ clase.**
- Centros/ escuelas.**
- Documentos.**
- Otros, especificar cuales.**
- No lo indica.**

19. **Nivel académico de la unidad/es básicas de análisis.**

- Infantil.**
- Primaria.**
- Educación Secundaria Obligatoria.**
- Formación Profesional.**
- Bachillerato.**
- Universidad.**
- Educación Especial y Compensatoria.**
- Otros, especificar cuales.**
- No lo indica.**

20. **Identificación de la población.** Describe la población de la que proceden las unidades básicas de análisis (libros, alumnos, ...):

- Sólo la identifica.**

**Identifica y describe la población.**

**No lo indica.**

21. **Selección aleatoria.** Señale:

**SI**, si utiliza en el muestreo técnicas de selección aleatoria.

**NO**, si no utiliza en el muestreo técnicas de selección aleatoria.

22. **Técnicas de muestreo.** Completar con:

**Aleatoria simple.**

**Aleatoria estratificada (directa y proporcional).**

**Aleatoria conglomerados.**

**Por cuotas (no aleatoria).**

**Conveniencia/ disponible (no aleatoria).**

**Casual (no aleatoria).**

**Intencional (no aleatoria).**

**Otra, especificar cuales.**

**No lo indica.**

23. **Tamaños muestrales.** Indique el número total de las unidades básicas de análisis.

24. **Tipo de diseño general.** Indicar la denominación general del diseño:

**Descriptivo.**

**Analítico-Correlacional.**

**Proexperimental.**

- ✍ **Estudio de casos/ Diseño Etnográfico.**
- ✍ **Investigación- Acción.**
- ✍ **Otro, especificar cuales.**
- ✍ **No lo indica.**

**25. Diseño específico.**

- ✍ **Cuasiexperimental.**
- ✍ **Ex –post-facto.**
- ✍ **Pre-experimental.**
- ✍ **Experimental puro.**
- ✍ **Factorial.**
- ✍ **Otras denominaciones.**
- ✍ **No lo indica, si no menciona una denominación específica.**

**26. Temporalización.** Respecto al tiempo el diseño podría considerarse:

- ✍ **Longitudinal.**
- ✍ **Transversal.**
- ✍ **Mixto.**
- ✍ **No lo indica.**

**27. Amenazas a la validez del diseño.**

- ✍ **SI**, si se enuncian las amenazas a la validez del diseño de la investigación.
- ✍ **NO**, si no se enuncian.

**28. Control de las amenazas a la validez del diseño.**

- SI**, si se toman medidas para controlar las amenazas a la validez del diseño.
- NO**, si no se toman.

**29. Estadísticos descriptivos.**

- SI**, si se utilizan estadísticos descriptivos en la investigación.
- NO**, si no se utilizan.

**30. Tipos de estadísticos descriptivos.** Identifique el tipo o tipos de estadísticos descriptivos que el autor utiliza englobándolo en una o varias de las siguientes categorías según manifieste la tesis:

- Estadísticos Distribucionales.**
- Estadísticos de Tendencia Central.**
- Estadísticos de Variabilidad.**
- Índices.**
- Otros, especificar cuales.**

**31. Uso de valores  $p$ .** Se denota tras aplicar test estadísticos y se visualiza si se hace uso de valores  $p$  (niveles de probabilidad):

- SI**, si hace uso de valores  $p$ .
- NO**, no lo hace.

**32. Inferencia estadística.**

- SI**, si se utiliza inferencia estadística en la investigación.

---

**NO**, si no se utiliza.

33. **Técnicas de inferencia estadística.** Identifique la técnica o técnicas de inferencia estadística que el autor utiliza englobándolo en una o varias de las siguientes categorías según manifieste la tesis:

**Análisis de varianza.**

**Prueba de Chi-cuadrado.**

**Prueba  $t$  Student.**

**Z normal.**

**Bondad de ajuste y verificación de supuestos.**

**No paramétricos.**

**Procedimientos de Comparaciones Múltiples (PCMs).**

**Otros, especificar cuales.**

34. **Técnicas correlacionales y multivariadas.**

**SI**, si utilizan técnicas correlacionales y/o multivariadas en la investigación.

**NO**, si no se utilizan.

35. **Tipos de técnicas correlacionales y multivariadas.** Identifique el tipo o tipos de técnicas correlacionales y/o multivariadas que el autor utiliza englobándolo en una o varias de las siguientes categorías:

**Análisis Factorial.**

**Análisis Discriminante.**

**Análisis Cluster/Conglomerados.**

**Bivariados.**

- ✍ **Análisis de Regresión.**
- ✍ **De fiabilidad.**
- ✍ **Análisis de Correspondencias.**
- ✍ **Análisis Log-Lineal.**
- ✍ **Correlación Canónica.**
- ✍ **Otros, especificar cuales.**

### **36. Análisis cualitativos.**

- ✍ **Sí, si utilizan análisis cualitativo. Englobar dentro de las siguientes categorías.**
- ✍ **Análisis de Contenido.**
- ✍ **Narración.**
- ✍ **Análisis del Desempeño.**
- ✍ **Inducción Analítica.**
- ✍ **Semiología Gráfica.**
- ✍ **Otros, especificar cuales.**
- ✍ **No, si no utilizan análisis cualitativos.**

### **37. Triangulación.**

- ✍ **Sí si utilizan técnicas de triangulación. Englobar dentro de las siguientes categorías.**
- ✍ **De diseños de investigación.**
- ✍ **De momentos.**
- ✍ **De sujetos.**
- ✍ **De tratamientos instructivos.**
- ✍ **De teorías.**
- ✍ **De fuentes.**

- ✍ **De instrumentos.**
- ✍ **De contextos.**
- ✍ **Otros, especificar cuales.**
- ✍ **NO realiza**, si no realiza triangulación.

38. **Hallazgos.** Indicar:

- ✍ **SI**, si se describen hallazgos.
- ✍ **NO**, si no se describen.

39. **Cuestiones abiertas.** Indicar:

- ✍ **SI**, si se enuncian cuestiones abiertas.
- ✍ **NO**, si no se enuncian.

40. **Enuncia implicación para la teoría.** Indicar:

- ✍ **SI**, si aparece implicación a la teoría.
- ✍ **NO**, si no aparece.

41. **Enuncia implicación para la práctica.** Indicar:

- ✍ **SI**, si aparece implicación para la práctica.
- ✍ **NO**, si no aparece.

#### **7.4. Diseño de la investigación.**

El diseño es la columna que vertebra cualquier investigación educativa. Arnal, Latorre y Rincón (1994) ofrecen la siguiente definición ejemplificadora:

*El diseño estructura la organización de la investigación y es un esquema global que indica lo que realizará el investigador, como alcanzará los objetivos de la investigación y cómo abordará el problema planteado (p. 91).*

Romberg (1992) entiende, como parte del diseño de la investigación, en Educación Matemática, la selección de procedimientos específicos, es decir, las técnicas más habituales de investigación educativa.

El tipo de diseño a seleccionar en este estudio es eminentemente descriptivo, pues su principal objeto es describir sistemáticamente hechos y características de una población o área de interés, de forma objetiva y comprobable.

Aunando ambas definiciones, establecemos que esta investigación es un estudio documental y censal, cuyo principal objetivo es describir de manera sistemática las características de la población analizada (tesis doctorales). Utilizando para ello un instrumento constituido desde una triple dimensión: Cienciométrico, conceptual y metodológico.

Según la naturaleza de los datos, se trata de una investigación cuantitativa, que aplica el método de investigación de las ciencias físico-naturales. En nuestro estudio, haremos uso de datos cuantitativos, frecuencias, porcentajes de valores, estadísticos inferenciales con significación estadística y correlacionales e interpretaciones de los mismos. A su vez, puede considerarse un estudio secundaria o de síntesis, puesto que opera con estudios primarios (tesis) tratando de inferir patrones diacrónicos a través de ellos.

Respecto al lugar de realización, se trata de un estudio de campo pues las tesis se revisan *in situ*, por préstamo inter-bibliotecario o por envío de los autores.

Es una investigación de tipo inductiva, en tanto que inferimos patrones a partir de unos documentos iniciales; esto es, se analizan casos particulares, para extraer conclusiones generales.

Según la temporalidad, debe considerarse un estudio longitudinal, que describe las características del desarrollo del área de la Educación Matemática durante el periodo 1975-2002. Más específicamente, puede afirmarse que se trata de un análisis de tendencias.

La siguiente tabla recoge esquemáticamente las características del diseño de este estudio:

Tabla 12. Características del diseño de investigación de este estudio

<b>Facetas a considerar</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nuestro estudio</b>
Objetivo	Descriptiva explicativa	Análisis de las tesis identificando patrones de ajuste y pronósticos
Fuente	Investigación documental	Las tesis doctorales como documentos tienen un valor informativo intrínseco
Naturaleza de los datos	Cuantitativa	Datos cuantitativos
Lugar	Estudio de campo	Las tesis se revisan <i>in situ</i> , por préstamo inter bibliotecario o por envío de los autores
Tipo de proceso formal	Inductivo	A partir de las tesis de Educación Matemática se extrae una visión de la Ed. Matemática española
Grado de abstracción	Investigación básica	Confirmar una realidad a partir de sus manifestaciones
Población y muestra	Estudio Censal	La muestra coincide con la totalidad de la población
Temporalidad	Longitudinal	Se indagan las tesis desde el año 1975 hasta el 2002
Especificidad	Análisis de tendencias	Diferentes muestras anuales sobre una misma variable se observa sucesivamente

Resumiendo: El diseño de este estudio es un análisis de tendencias, eminentemente longitudinal, que opera sobre datos censales propios de documentos (tesis) y convertidos mediante análisis de contenido en valores cuantitativos.

#### 7.4.1. Amenazas a la validez del diseño.

La consecución de un proceso de investigación válido tiene como premisas la consideración de una serie de amenazas a las que puede verse sometido dicho proceso y, en consecuencia, el establecimiento de medidas oportunas para su control.

El análisis de tendencias, como todo diseño de tipo descriptivo-explicativo, adolece de una serie de amenazas a la validez de las inferencias obtenidas del mismo. Las posibles amenazas a este tipo de diseño (análisis de tendencias/documental), que opera con fuentes primarias, y su control plausible quedan enunciadas en el modelo expuesto por Fraenkel y Wallen (1990). Estos autores establecen las siguientes amenazas, y su control:

- *Validez interna*: En un estudio de tipo documental, la amenaza a la validez interna viene determinada por la autenticidad y pertinencia de los documentos a analizar. En nuestro estudio esta amenaza no está presente, pues cada tesis se recuperó por préstamo interbibliotecario o por revisión *in situ*.
- *Características del recolector de datos*: Las características individuales del recolector pueden alterar la recogida de datos. Esta amenaza queda controlada al trabajar con una base de datos ya validados por el estudio antecesor. Con respecto a los nuevos datos obtenidos, éstos no requerían de ningún tipo de inferencia por parte del recolector. Además, tampoco se produce una amenaza como ésta, en el sentido de elegir o de desconsiderar consciente o inconscientemente alguna tesis doctoral. Tal amenaza se ha controlado al ser éste un estudio censal, que ha tratado de localizar/analizar todas las tesis doctorales relativas al periodo de estudio determinado. Sólo se han presentado 7 casos de atricción sobre un total de 248 (2,8% de

---

mortalidad). De aquí, entonces, consideramos que la amenaza a la validez del diseño debido a la mortalidad o pérdida de documentos es muy baja.

- *Expectativas del recolector*: Este es un sesgo de tipo inconsciente, producido cuando el recolector distorsiona los datos para apoyar una hipótesis personal. Esta amenaza queda solventada ya que el procedimiento de análisis está estandarizado y el recolector tiene experiencia en este tipo de trabajos.
- *Validez externa*: Entendida como el grado de precisión y valor de los datos contenidos en cada documento (tesis). De este modo, tal amenaza no está presente ya que la tesis han sido revisadas en su totalidad, eran fuentes primarias fidedignas, en su formato standard; tal como habían sido entregadas en las bibliotecas de las distintas universidades. Además, dado que la información que se recoge en los instrumentos es la explicitada por los mismos autores de estos documentos, dicha amenaza es menos proclive a presentarse.
- *Efecto pretest o testing*: Hace referencia a las variaciones que se producen por influencia del pretest en los resultados finales. En nuestro estudio no se da esta situación.
- *Deterioro instrumental*: Se asigna e identifica claramente los significados y valores para cada variable mediante una explicación detallada, de forma que se minimizan las modificaciones de los registros.
- Una última amenaza propensa a presentarse en este tipo de estudios es la de un pobre análisis debido a los *sesgos de supersimplificación y supergeneralización*. Estimamos que esta amenaza está controlada pues se trabaja con documentos completos sin omitir deliberadamente información alguna. Además no tratamos de establecer relaciones causales si no, ante todo, descripciones y, a lo más, ciertas explicaciones.

Tabla 13. Amenazas a la validez del estudio y su control

<b>Problema</b>	<b>Modo de control</b>	<b>Grado de control en el estudio</b>
Características del recolector	No se realizan inferencias (una recolectora).	Alto
Expectativas del recolector	Procedimiento bastante estandarizados en inferencias	Alto
Mortalidad	Se han recuperado y revisado más del 97% de las tesis doctorales localizadas.	Alto
Efecto pre test o test ing	No se produce esta situación	Alto
Deterioro instrumental	Identificación de los valores de las variables a partir de un texto previo  Sesiones cortas para evitar cansancio o fatiga	Medio
Simplificación y/o Generalización	Análisis de los documentos completos, considerando aspectos cuantitativos, conceptuales y metodológicos.	Alto

### 7.5. Tratamiento de los datos: Uso y gestión de las bases de datos generadas.

Los datos cuantitativos, conceptuales y metodológicos de cada tesis doctoral revisada se registran en los instrumentos dados, ateniéndose a las indicaciones establecidas para cada variable.

El registro de tales datos ha permitido generar tres bases de datos paralelas informatizadas mediante el programa *Statistica 6.1*, para su posterior tratamiento analítico. El registro informatizado de tales bases, como hojas de cálculo, facilitará su tratamiento posterior por un paquete analítico.

### 7.6. Procedimiento temporal del estudio.

El desarrollo temporal de este estudio ha seguido las siguientes fases y tiempos/momentos que propone Hernández Pina (1998):

Tabla 14. Fases y momentos del estudio

<b>FASES</b>	<b>MOMENTOS</b>
<b>A. Clarificación del área problemática:</b> 1. Identificación del problema 2. Búsqueda de información relevante	Septiembre 2002 Septiembre 2002 a Febrero 2003
<b>B. Planificación de la investigación:</b> 1. Elaboración del proyecto 2. Desarrollo del marco conceptual 3. Búsqueda en bases de datos 4. Selección de la población y muestra	Abril 2003 a Mayo 2003 Mayo 2003 a Diciembre 2003 Septiembre 2002, Mayo 2003 Mayo 2003 Posterior actualización
<b>C. Trabajo de campo</b> 1. Búsqueda y recuperación de tesis 2. Adecuación del instrumento de recolección de datos 3. Lectura y registro de datos	Durante todo el año 2003 Enero 2003 a Febrero 2003 Durante todo el año 2003
<b>D. Análisis de datos</b> 1. Plan del análisis de datos 2. Estudio de la metodología ARIMA 3. Obtención e interpretación de resultados	Junio 2003 a Enero 2004 Septiembre 2003 a Mayo 2004 Febrero 2004 a Junio 2004
<b>E. Elaboración del informe de la tesis</b>	Agosto 2004 a Enero 2005



## **CAPÍTULO 8.**

### **Análisis e interpretación de los resultados**

Este capítulo se inicia con una explicación detallada de cuáles han sido las técnicas utilizadas para el análisis de los datos; haciendo una especial reseña de las series temporales como metodología empleada para analizar, de manera prospectiva, las variables estudiadas. Este tipo de análisis se realizará desde una doble perspectiva: utilizando modelos ARIMA y modelos denominados “clásicos” (media constante, tendencia lineal, media móvil simple y alisado simple exponencial) basados en ecuaciones de regresión.

Posteriormente se presentan los hallazgos del presente trabajo de investigación en base a las variables estudiadas y según la clasificación realizada. El método utilizado para ello será el análisis longitudinal a nivel estadístico y gráfico, agrupando los años en trienios y cuatrienios. Tras este primer análisis, se efectúa el ajuste a un modelo ARIMA y a un modelo clásico a nivel gráfico; estableciendo a continuación los pronósticos a esperar, según el modelo seleccionado, tanto a nivel estadístico como gráfico. Estos pronósticos son determinados con unos límites de confianza del 95% y siempre en un horizonte de 7 años<sup>2</sup>- etapas que se considera a medio plazo. Adicionalmente, en el análisis de las variables conceptuales, se realiza un análisis factorial de aquellas tratando de denotar la estructura factorial de las mismas y la búsqueda de un constructo conceptual general.

Como parte final de los análisis llevados a cabo por cada tipo de variables, se presenta un cuadro-resumen en el que se recogen los modelos de ajuste y la tendencia de crecimiento.

---

<sup>2</sup> Seguiremos las pautas bíblicas de pronosticar a 7 años, tal como José hizo en el sueño del faraón.

### 8.1. Técnicas de análisis de los resultados.

En esta investigación de tipo descriptivo se han utilizado técnicas sofisticadas de análisis de distribuciones (series temporales), cual es la técnica ARIMA y modelos de ajuste por regresión. Los modelos de ajuste por regresión, además de los modelos ARIMA, han sido:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| A) Modelo ARIMA               | D) Modelo de media móvil simple de X términos.     |
| B) Modelo de media constante  | E) Modelo de alisado simple exponencial con alpha. |
| C) Modelo de tendencia lineal |  |

Cada uno de estos modelos arroja unos valores numéricos, según los distintos tipos de errores y de pruebas o test realizados. Éstos son:

MSE: Error cuadrático medio.

MAE: Error medio absoluto.

MAPE: Error medio absoluto porcentual.

ME: Error medio.

MPE: Error medio porcentual.

RMSE: Raíz media del error cuadrático.

RUNS: Test de rachas excesivas por arriba y por abajo.

RUNM: Test de rachas excesivas por encima y por debajo de la media.

AUTO: Test de Box-Pierce para autocorrelaciones excesivas.

MEAN: Test de diferencias en la media de la primera mitad y la segunda.

VAR: Test de diferencias en la varianza de la primera mitad y la segunda.

Los resultados que se obtienen en la realización de estos test son:

OK: Supera dicha prueba, no produciéndose significación estadística ( $p = 0.10$ ).

\*: Significatividad marginal ( $0.05 < p < 0.10$ ).

\*\* : Significatividad ( $0.01 < p < 0.05$ )

\*\*\*: Alta significatividad ( $p < 0.01$ ).

También hemos hecho uso de técnicas paramétricas como ANOVA, uso de intervalos de confianza del 95% y técnicas correlacionales como el análisis factorial.

Con respecto al programa informático empleado para llevar a cabo el análisis de los resultados y la representación gráfica de los mismos, se ha utilizado el *Statistica* 6.1, versión 2003 y el *Statgraphics Plus* 4.1. Las representaciones gráficas empleadas han sido los diagramas lineales y diagrama de barras, fundamentalmente. La razón del uso de estos programas ha estribado en su disponibilidad y posibilidades técnicas. Somos conscientes de que otros paquetes estadísticos generalistas (SAS, SPSS) o específicos (Oracle, Autobox) podrían, también, haberse utilizado.

#### 8.1.1. Particularidad de la aplicación de la técnica ARIMA.

La utilización y aplicación de las técnicas de series temporales y, concretamente de los modelos ARIMA, conlleva una serie de prerequisites que en este estudio no se llegan a cumplir en su totalidad. Éstos son:

- *El reducido número de datos (series cortas)*: El análisis de series temporales para que los resultados sean contundentes necesita de periodos de tiempo más prolongados (series largas con al menos 50 observaciones consecutivas).
- *La naturaleza de los datos*: En algunas variables de esta investigación hay valores ausentes (valor 0), por lo que requieren una serie de transformaciones (transformación Box-Cox) para obtener una distribución normal de los datos.

Por tanto, la aplicación de los modelos ARIMA se hace de una manera liberal, sin confirmar esas condiciones sobre las que teóricamente deberían establecerse. Sin embargo, los modelos ARIMA es una técnica analítica tan robusta que, con series limitadas y observaciones ausentes, se pueden obtener inferencias bien fundamentadas. Habrá que ser entonces cautelosos, no interpretando tajantemente los resultados aquí obtenidos, producto de este estudio iniciático, exploratorio y descriptivo.

En un futuro próximo, es de esperar, dado el vigor heurístico de estos modelos, un uso más generalizado en el análisis y evaluación de la investigación educativa española, de la que sin duda con el paso del tiempo generará series más compactas.

## 8.2. Análisis longitudinal de los datos cuantitativos.

El análisis de estas variables permitirá, por un lado, la aceptación o rechazo de las hipótesis relativas a este respecto planteadas al comienzo de esta investigación. Y por otro, estas variables aportarán una información valiosa de los miembros productores del campo de la Educación Matemática, las instituciones más productivas a lo largo del tiempo analizado y variaciones producidas en la citación, entre otras.

### 8.2.1. Variable 1. Producción general diacrónica.

La preocupación por medir, el tamaño y desarrollo de la ciencia no es algo actual, sino que ya en los años 50 y 60, autores como Price se planteaban la dificultad de idear una medida razonable para el rendimiento o esfuerzo científico. Esta reflexión lo llevará en el año 1964, a formular la ley del crecimiento de la información científica (comentada anteriormente). Por tanto, estudiar la productividad de tesis doctorales permitirá constatar si tal ley, predicha por Price, es verificable para el aumento de las tesis doctorales en Educación Matemática durante el periodo 1975-2002.

Tabla 15. Desarrollo diacrónico anual de la producción general

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Tesis</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Tesis</i>	2	2	1	1	0	2	3	1	0
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Tesis</i>	2	7	4	7	6	6	17	11	8
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Tesis</i>	16	15	16	18	21	15	20	28	18

El examen descriptivo de esta primera variable muestra que la producción de tesis doctorales en Educación Matemática durante el primer decenio (1975-1985) tiene un fuerte carácter esporádico; leyéndose una media de 1 ó 2 tesis doctorales al año. Durante este periodo, en dos de los años (1980 y 1984), no se lee disertación alguna en este campo.

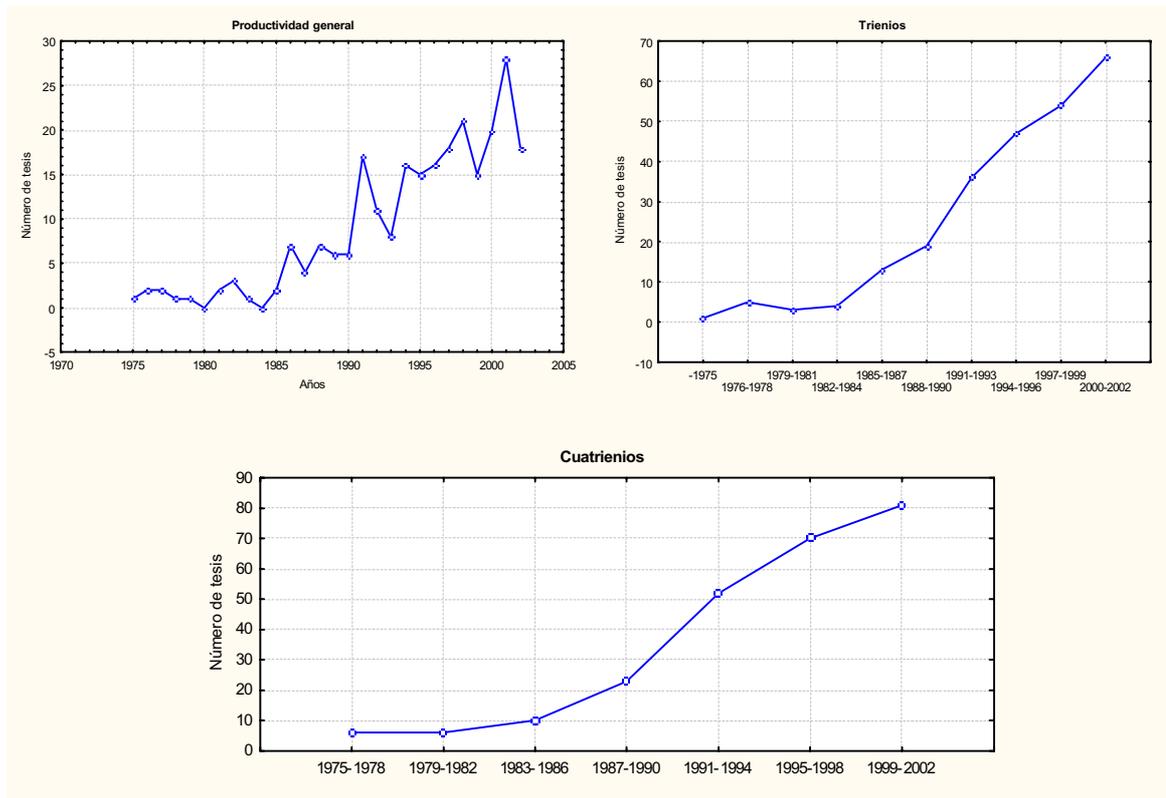


Figura 8. Producción diacrónica de tesis en Educación Matemática (1975-2002).

A partir de este periodo, la producción aumenta de manera considerable y paulatina. Este hallazgo coincide con el estudio de Escolano (1980) sobre la investigación educativa universitaria española, en el que se establece en 6 años el tiempo necesario para que se produzcan duplicaciones en las tesis doctorales sobre Educación.

También presenta semejanzas con lo estimado por Price (1986) para la ciencia en general, el cual determinó que la información científica durante un periodo de 10-15 años llegaba a duplicarse creciendo, por tanto, a un ritmo muy superior al de otros procesos o fenómenos sociales.

Este crecimiento acentuado de la producción parece disminuir en el último año del estudio (véase tabla 15 o figura 8, anual) en donde las 28 tesis doctorales realizadas en el 2001 se reduce a 18 en el 2002. Tal realidad puede ser debida a que la producción en el campo de Educación Matemática está por alcanzar un carácter logístico, dejando por tanto de crecer de forma exponencial; o que el año 2001, en comparación con los restantes años, haya sido un año de máxima productividad debido a circunstancias

“extraordinarias” relativas a los cambios en la legislación universitaria (fundamentada por el cambio de ley par alas oposiciones) o los diferentes ritmos de actualización de la base TESEO.

**A. Ajuste.**

Una vez realizado el análisis descriptivo de los datos obtenidos, efectuamos el ajuste a los siguientes modelos:

- A. Modelo ARIMA (3,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 8,85
- C. Tendencia lineal:  $-1745,64 + 0,88 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,50$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6,26139	1,61736		0,130363	
(B)	63,9788	6,96939		-3,17207E-15	
(C)	11,7357	2,67648		-4,87229E-14	
(D)	18,993	3,34783		2,54783	
(E)	15,1779	2,68308		1,36429	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,50228	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	7,99868	OK	***	***	***	***
(C)	3,42574	OK	*	OK	OK	OK
(D)	4,3581	OK	OK	OK	**	**
(E)	3,89589	OK	OK	*	OK	***

Esta búsqueda nos determina que el modelo óptimo de ajuste para la producción general es un modelo ARIMA (3,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox, con un error medio cuadrático (MSE) de 6,26. Con respecto a los modelos denominados clásicos, la producción general se ajusta a un modelo de tendencia lineal cuya función es:  $y = -1745,64 + 0,88 t$ , donde  $y$  es la producción (nº de tesis) y  $t$ , tiempo en años.

**B. Pronósticos.**

Determinado que el mejor ajuste plausible es un modelo ARIMA, este mismo nos proporciona los datos-pronósticos a esperar en un periodo de tiempo de 7 años. Estos pronósticos se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla 16. Valores-pronósticos de la productividad general en los siete años siguientes

Pronósticos	Nº de tesis	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	22	16	28
2004	26	17	32
2005	23	17	29
2006	23	16	34
2007	27	17	37
2008	27	17	37
2009	27	17	39

\* Las cifras han sido redondeadas

El análisis prospectivo representado en el siguiente gráfico-figura determina que la producción de tesis doctorales en este campo va a continuar aumentando a lo largo de este periodo hasta un máximo de 27 tesis doctorales; oscilando este pronóstico en unos límites inferior (situación más pesimista) y superior (situación más optimista), al 95% de confianza, de 17 y 39 tesis doctorales (valores máximos de tales límites).

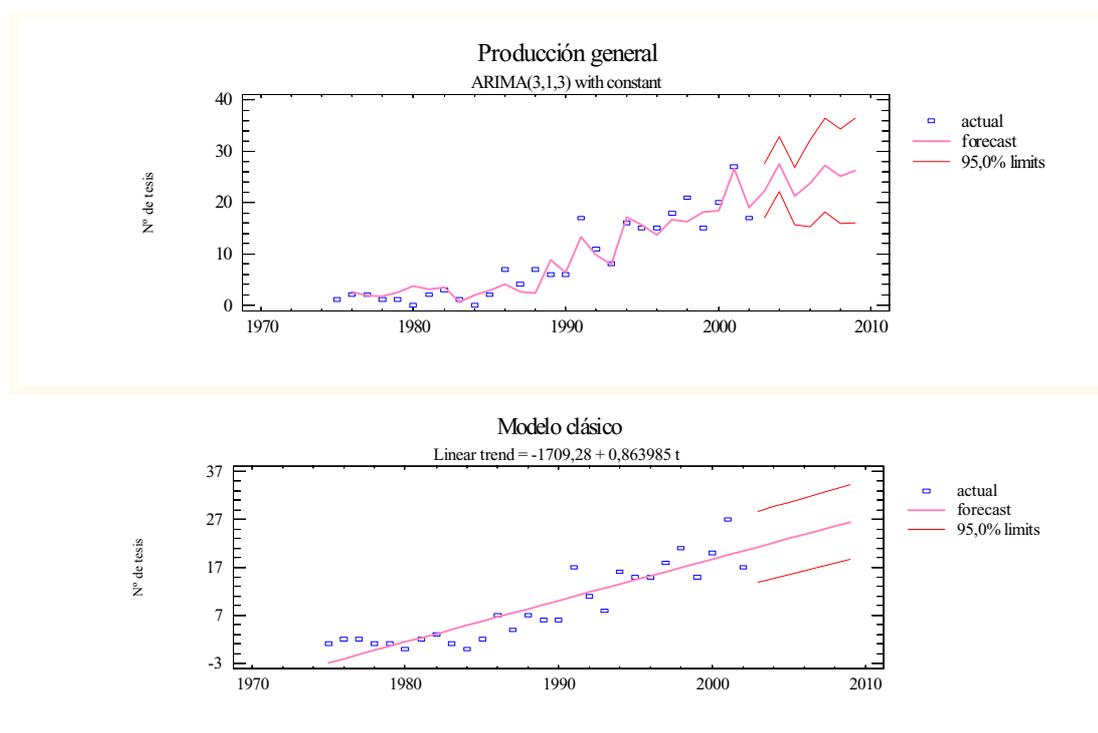


Figura 9. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la productividad general.

Estos resultados parecen determinar que el crecimiento no ha sido acelerado (exponencial) y aún no se ha llegado al nivel de saturación (logístico). El hallazgo de que el crecimiento se ajuste (segundo mejor ajuste) a una recta de pendiente crecimiento

( $a = 0,88$ ; arco-tangente de  $a = 41^\circ$ ) es propio de series reducidas y de bajo tamaño muestral.

Price (1986) obtiene su modelo de crecimiento exponencial-logístico trabajando con un gran volumen de datos. Aún sin verificar el modelo de Price, el hallazgo es de una relevancia insoslayable que muestra la fertilidad del campo de la Educación Matemática.

### 8.2.2. Variable 2. Análisis diacrónico de los autores según género.

Las investigaciones sobre género han cobrado, de un tiempo hacia acá, una gran importancia en todas las áreas de investigación (véase, Vallejo *et al.*, 2003), es por ello, que en esta variable describimos cómo el campo de la Educación Matemática se encuentra a este respecto. Además, se pretende falsar esa “creencia” que asocia las matemáticas con el género masculino (véase Herzig, 2004).

Los datos referentes a esta variable se resumen en la tabla 17, en la que se observa como la producción de tesis doctorales ha sido desarrollada de manera muy proporcional por hombres y mujeres, a lo largo de todo el periodo de análisis. Tal que la correlación entre producción de hombres y producción de mujeres es  $r = 0,67$  ( $p ? 0,01$ ).

Tabla 17. Análisis diacrónico de los autores según género

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Hombres</i>	1								
<i>Mujeres</i>	0								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Hombres</i>	2	1	1	0	0	1	1	0	0
<i>Mujeres</i>	0	1	0	1	0	1	2	1	0
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Hombres</i>	2	4	3	5	4	1	12	2	4
<i>Mujeres</i>	0	3	1	2	2	5	5	9	4
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Hombres</i>	7	7	8	7	14	8	12	12	14
<i>Mujeres</i>	9	8	7	12	7	7	8	16	4

Esta conclusión general puede ser matizada cuando visualizamos el gráfico 10, donde denotamos que han existido periodos en los que los hombres han sido más productivos que las mujeres y viceversa. Llama la atención el último periodo de tiempo correspondiente a los años 1999-2002, en el que los hombres han aumentado notablemente su producción con respecto a las mujeres; en casi 10 tesis doctorales más. Esta diferencia se hace más severa en el último año del análisis en el que los hombres realizan una producción de 14 tesis doctorales y las mujeres sólo 4 de ellas.

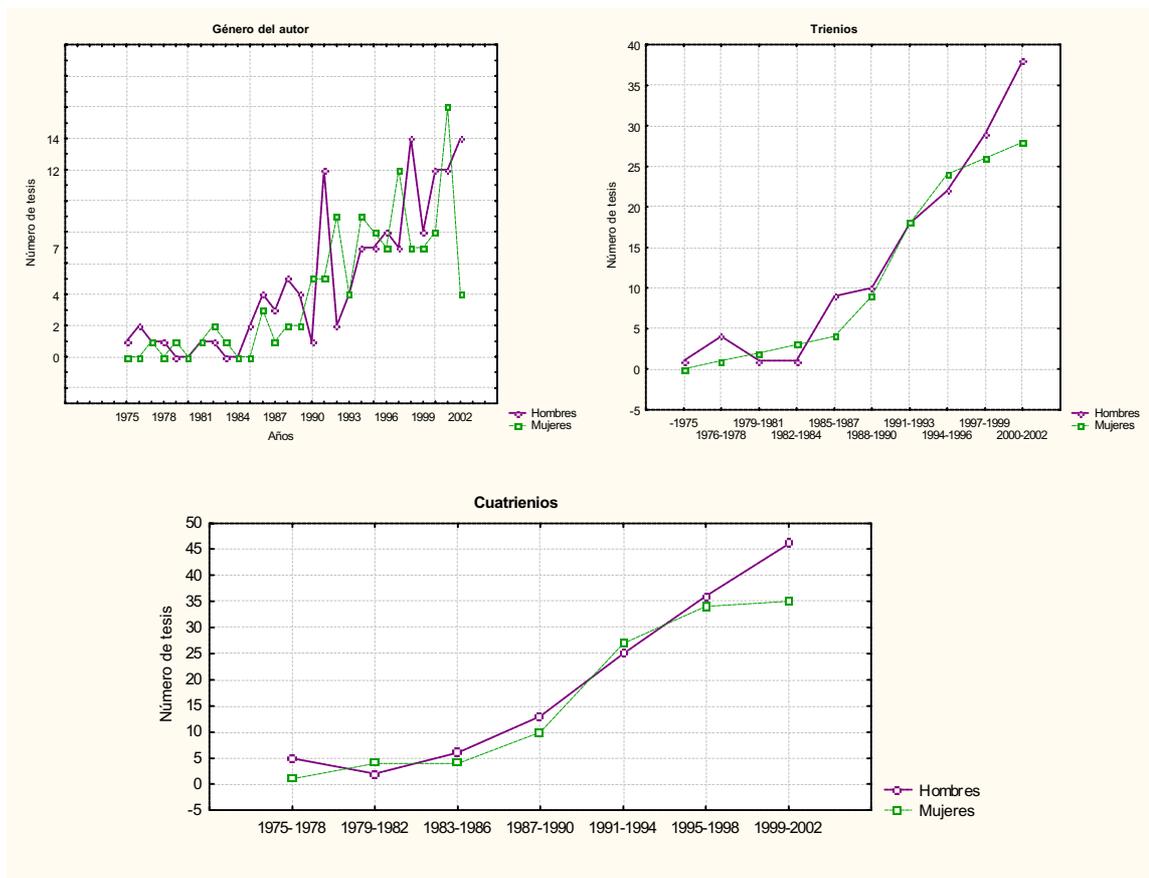


Figura 10. Producción diacrónica de autores según género (1975-2002).

### A. Ajuste.

Tras los datos obtenidos de este análisis longitudinal se realiza el ajuste a los modelos seleccionados. En el caso de los autores masculinos, el ajuste a los modelos ARIMA y clásicos es:

A. Modelo ARIMA (1,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox

B. Media constante = 4,71

- C. Tendencia lineal:  $-913,89 + 0,46 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,40$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	4,36674	1,30268		0,135236	
(B)	20,3598	3,79592		-7,61296E-16	
(C)	6,14694	1,84541		7,30844E-14	
(D)	9,06957	2,23478		1,45217	
(E)	8,18737	1,90828		0,947376	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,08967	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,51218	OK	**	***	***	***
(C)	2,4793	OK	OK	OK	OK	**
(D)	3,01157	OK	OK	OK	OK	**
(E)	2,86136	OK	OK	OK	OK	***

La producción masculina se ajusta a un modelo ARIMA (1,1,3) con un error MSE de 4,37 y con respecto a los modelos clásicos, al modelo de tendencia lineal cuya función es :  $y = -913,89 + 0,46 t$ , siendo la pendiente de crecimiento  $a = 0,46$ ; en un ángulo dado por arco-tangente  $a = ,24^\circ$ .

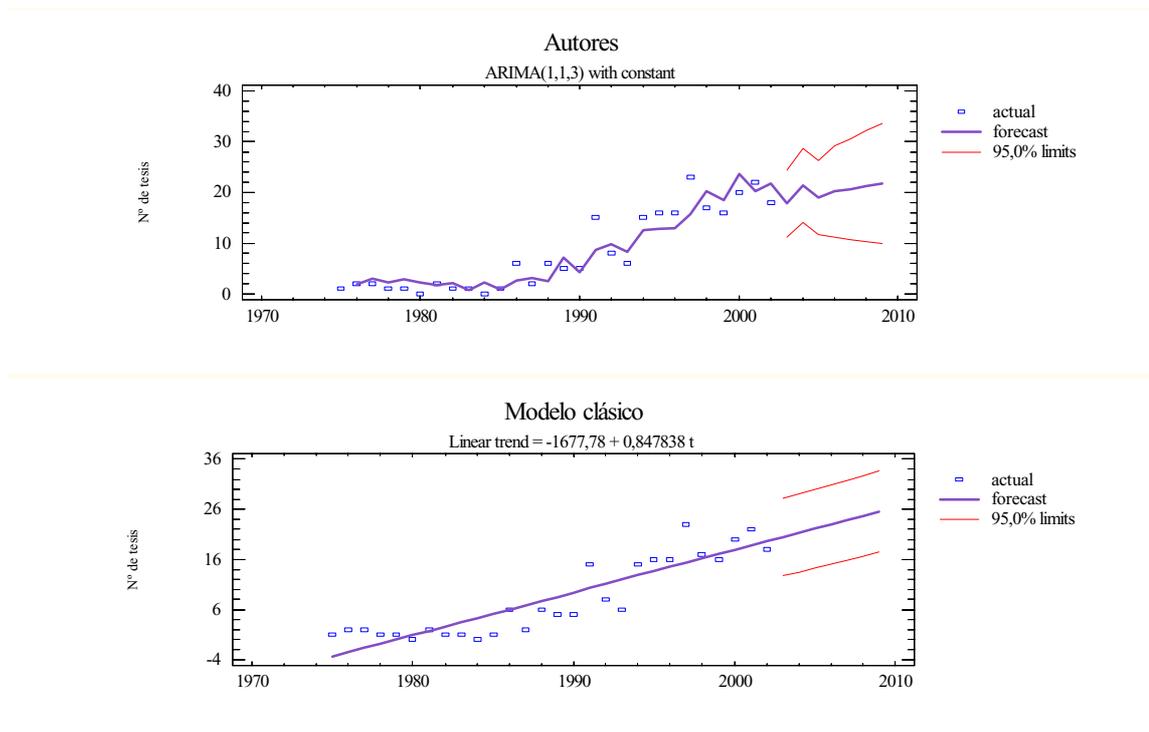


Figura 11. Modelo ARIMA y Clásico de la producción de los autores.

En el caso de las autoras, el ajuste a los modelos es el siguiente:

- A. Modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 4,11
- C. Tendencia lineal:  $-818,18 + 0,41 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,36$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	5,35003	1,6571		0,0909526	
(B)	17,5066	3,41582		1,17366E-15	
(C)	6,16402	1,74756		-4,87229E-14	
(D)	8,89217	2,07826		1,05217	
(E)	8,17511	1,86521		0,805394	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,31301	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,18409	OK	***	***	***	***
(C)	2,48275	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,98197	OK	OK	OK	OK	**
(E)	2,85921	OK	OK	OK	OK	***

Según los datos obtenidos tras el ajuste, la producción de las autoras se asimila a un modelo ARIMA (1,1,2) y, como en el caso de los hombres, a un modelo clásico de tendencia lineal,  $y = -818,18 + 0,41 t$ , con una pendiente de crecimiento  $a = 0,41$ ; y un ángulo dado por arco-tangente  $a = 22^\circ$ .

Como podemos comprobar, el mejor ajuste es también un modelo ARIMA, aunque en este caso la media móvil (valor  $q$ ) pasa a ser 2 y no 3 como en el caso de los hombres. Este dato de ajuste vuelve a ratificar la similitud determinada ya anteriormente, en el caso de la productividad por géneros.

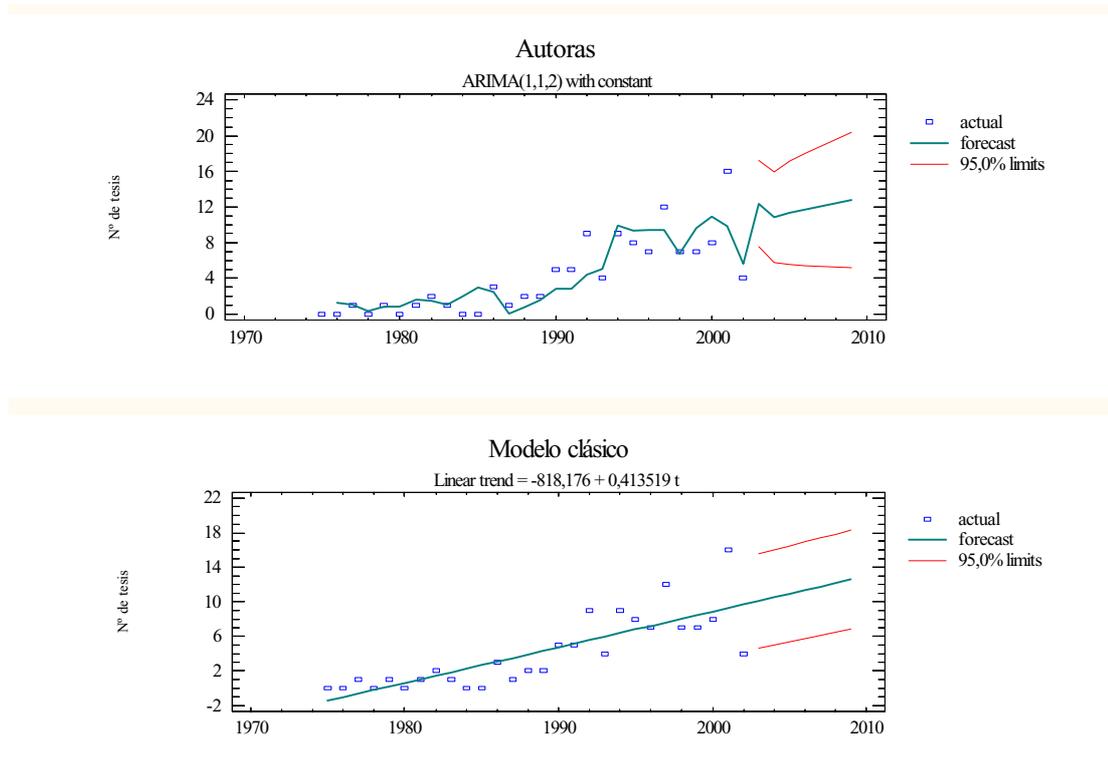


Figura 12. Modelo ARIMA y Clásico de la producción de las autoras.

**B. Pronósticos.**

Los modelos ARIMA, modelos más apropiados para el ajuste, nos determinan un aumento de la producción en ambos géneros (véase tabla 18). Esta producción será algo más acentuada en el caso de ellos, como reflejan los valores-pronósticos obtenidos. Dato que se ratifica si observamos las pendientes de las funciones de los modelos lineales. En el caso de los hombres es de 0,46 frente al 0,41 de las mujeres.

Tabla 18. Valores-pronóstico de la producción por géneros.

Pronósticos	Nº de tesis		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Autor	Autora				
2003	12	12	6	6	19	18
2004	13	10	7	5	20	16
2005	15	10	8	4	23	18
2006	15	11	6	4	26	19
2007	16	11	6	4	28	21
2008	16	12	5	4	30	22
2009	17	12	5	4	32	23

Se confirma que sí existe un sesgo leve relativo al género, que favorece a los hombres en la autoría de tesis doctorales en el campo de la Educación Matemática. Esta conclusión será complementada cuando se analice el caso de la dirección de tesis.

### 8.2.3. Variable 3. Productividad diacrónica de los directores.

La capacidad investigadora es una mediación con una larga tradición dentro de los estudios de análisis que utiliza como instrumento de medida la productividad de los autores, es decir, el conteo de sus publicaciones (Fernández Cano, 1995).

Los estudios de productividad comenzaron con el trabajo de Lotka (1926), dando como resultado el hallazgo de que un grupo reducido de personas son muy productivas, frente a un gran número que apenas publica. El enunciado de esta ley propuesta por Lotka puede ser en este caso extrapolada a la dirección de tesis doctorales, comprobando si efectivamente son un número reducido de directores los que realizan la mayor producción directiva en este tipo de trabajos.

Tabla 19. Desarrollo diacrónico anual de la producción de los directores.

<b>Autores</b>	<b>Años</b>	<b>Periodo</b>	<b>Tesis</b>
Rico Romero, L.	1994,1995, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002	1994-2002	13
Batanero Bernabeu, C.	1993, 1994, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002	1993-2002	10
Díaz Godino, J.	1993, 1994, 1995, 1999, 2002	1993-2002	8
De la Orden Hoz, A.	1986, 1991, 1992, 1994, 1997, 2001	1986-2001	8
Fortuny Aymeny, J. M <sup>a</sup> .	1998,2000, 2002	1998-2002	6
Gutiérrez Rodríguez, A.	1993, 1996, 1997, 2000	1993-2000	6
Azcarate Giménez, C.	1998, 2000, 2001	1998-2001	5
Giménez Rodríguez, J.	1999, 2001, 2002	1999-2002	5
Nuñez i Espallargas, J. M <sup>a</sup> .	1995, 2000, 2001	1995, 2000-01	5

Las primeras conclusiones obtenidas con la realización de esta tabla de frecuencias es la existencia de unas guías de trabajo personal, es decir, conocemos de manera detallada en qué momento de producción-dirección se encuentra cada uno de los directores señalados.

Este análisis nos permite afirmar que uno de los directores, con una trayectoria temporalmente más larga en el ámbito de la dirección de tesis doctorales sobre Educación Matemática, es el Dr. Arturo de la Orden Hoz, profesor perteneciente al departamento de Métodos de Investigación de la Universidad Complutense de Madrid que a lo largo de 15 años ha venido dirigiendo tesis doctorales.

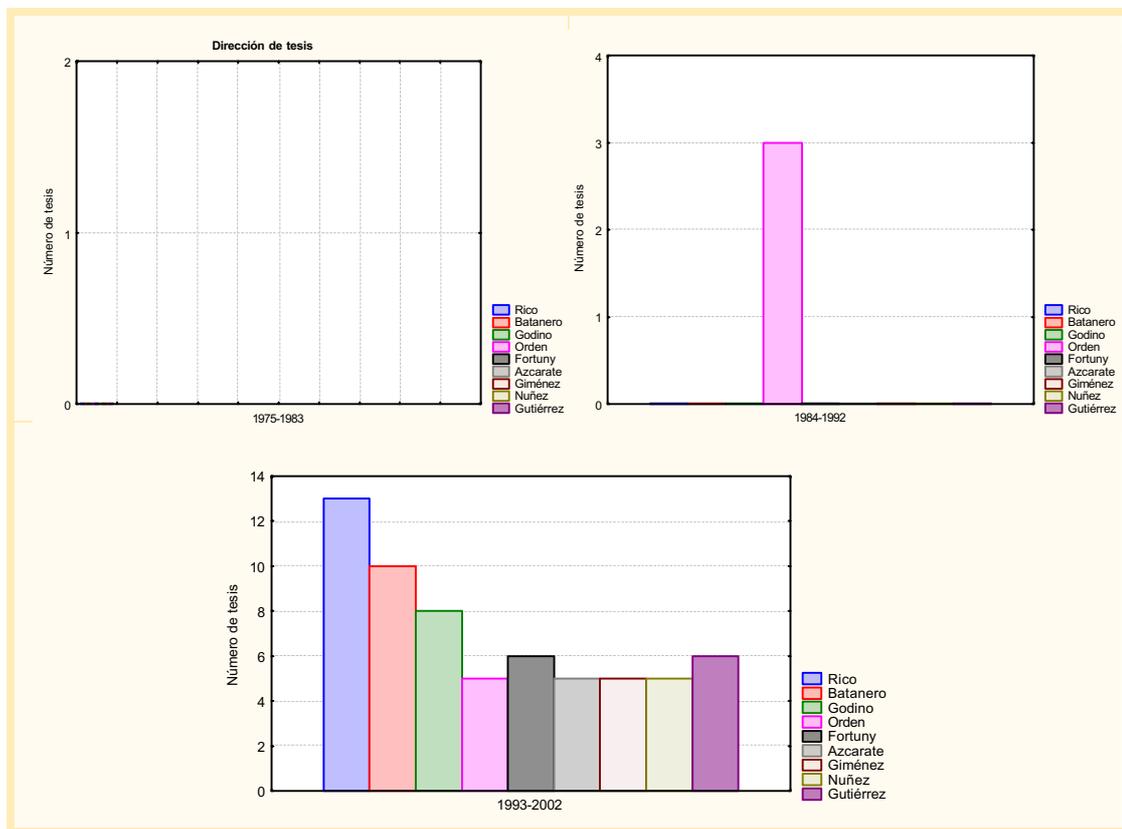


Figura 13. Productividad diacrónica de los directores más productivos (1975-2002).

Otro de los hallazgos es la presencia de dos grandes directores, según la ley de Lotka, con una producción de 10 o más tesis doctorales. Estos son los casos de los doctores Luis Rico Romero y Carmen Batanero Bernabeu, ambos pertenecientes al departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.

A estos dos grandes productores hay que sumarle un miembro más de dicho departamento y universidad, Díaz Godino, como uno de los directores más productivos; exaltando así el gran trabajo realizado por esta universidad, que se ha convertido en referente nacional para el estudio de la Educación Matemática.

Lo más relevante sería denotar que los periodos de producción de los directores son periodos de tiempo relativamente cortos, en general menos de 10 años; por lo que cabe esperar una prometedora amplia carga directiva para los próximos años.

En este caso, ajuste y pronóstico no son procedentes al no contar con el suficiente volumen de datos que requiere este tipo de análisis.

#### 8.2.4. Variable 4. Evolución diacrónica de los directores según género.

En esta cuarta variable se vuelve a retomar el estudio de género, en este caso sobre los directores. La indagación de esta variable permitirá obtener una visión más completa sobre este tópico en el campo de la Educación Matemática.

Tabla 20. Análisis diacrónico de los directores según género

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Hombres</i>	1								
<i>Mujeres</i>	0								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Hombres</i>	2	2	1	1	0	2	1	1	0
<i>Mujeres</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Hombres</i>	1	6	2	6	5	5	15	8	6
<i>Mujeres</i>	1	1	2	2	1	3	4	3	3
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Hombres</i>	15	17	16	23	17	16	20	23	19
<i>Mujeres</i>	2	3	5	1	6	2	8	11	7

Los datos obtenidos en esta variable ahondan sustancialmente en los hallazgos de la autoría según género; estos nuevos resultados, recogidos en la tabla 20, muestran extremas diferencias en la dirección de tesis doctorales en relación al género.

La siguiente figura nos permite observar como esas diferencias comienzan a ser notables fundamentalmente a partir de los años 90, cuando se produce un aumento de la productividad general. Estas diferencias se hacen algo común para los años posteriores; y ni siquiera en los últimos años el patrón ha cambiado. Cuantitativamente estas diferencias son tan abismales como 226 tesis dirigidas por hombres y 67 tesis por mujeres; teniéndose en cuenta la colaboración inter-directores. Este dato resulta algo paradójico cuando ya apuntamos que uno de los “grandes productores-directores” es una mujer (Dra. Batanero).

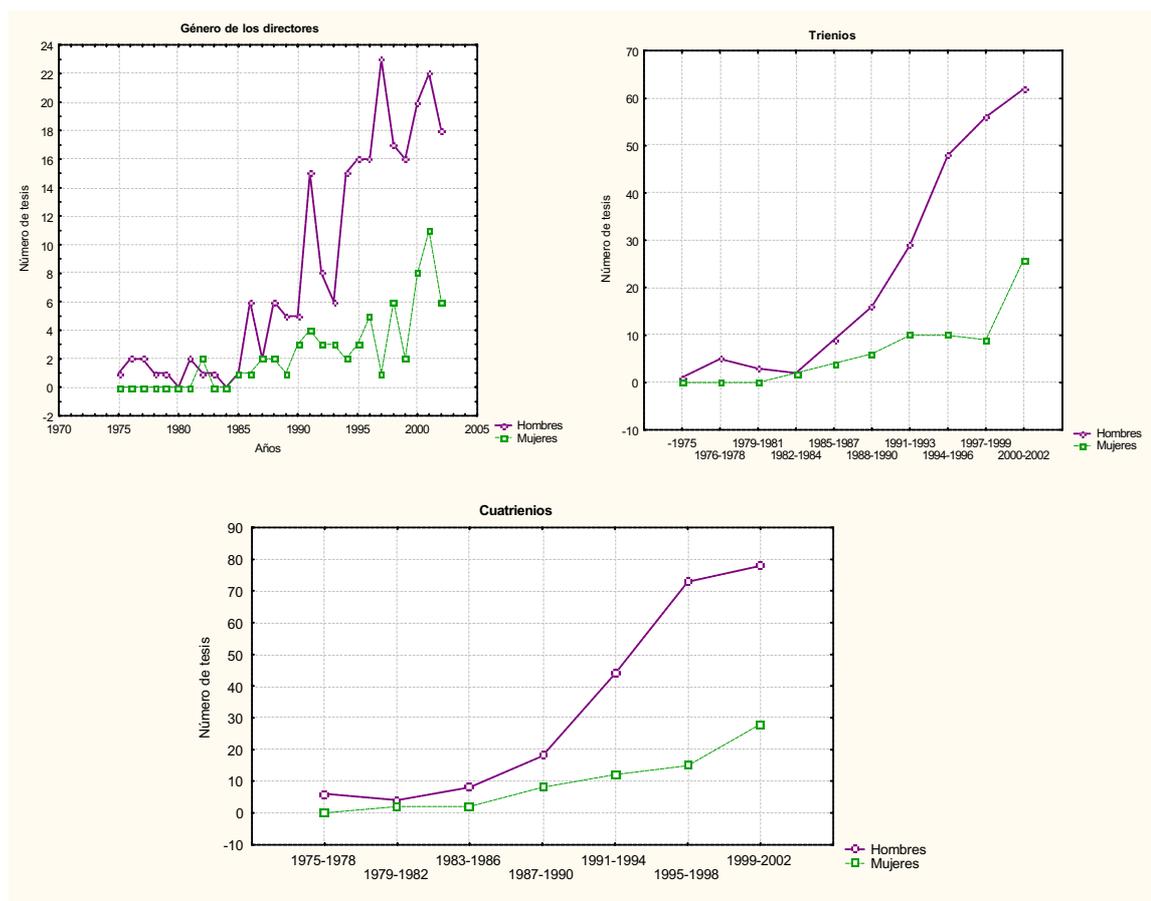


Figura 14. Producción diacrónica de directores según género (1975-2002).

Este hallazgo nos lleva a realizar la sencilla inferencia de que muy pocas son las autoras que han continuado investigando y dirigiendo tesis doctorales en Educación

Matemática. No aventuramos las posibles causas ni realizamos un contraste más ajustado sobre dicha situación, al no tratarse éste un tema central de nuestra investigación.

### A. Ajuste.

El ajuste de los datos de la dirección de tesis doctorales por hombres a los modelos es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 8,25
- C. Tendencia lineal:  $-1713,05 + 0,87 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,56$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	10,5205	2,42921		0,296331	
(B)	62,8611	7,03571		0,0	
(C)	12,6254	2,88326		4,06024E-14	
(D)	18,313	2,9913		2,4	
(E)	13,2083	2,51295		1,17833	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,24353	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	7,9285	OK	***	***	***	***
(C)	3,55323	OK	*	**	OK	OK
(D)	4,27937	OK	OK	OK	**	***
(E)	3,63432	OK	OK	OK	OK	***

En este caso, el mejor ajuste es a un modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox, y en el caso de los modelos clásico, al modelo alisado simple exponencial con  $\alpha$  0,56. Hemos seleccionado este modelo y no el de tendencia lineal, pues las diferencias del error MSE son mínimas y además verifica un test más que el anterior modelo. Ambos modelos, ARIMA y el alisado simple exponencial, determinan un crecimiento en la dirección de tesis doctorales por parte de los hombres, dato consecuente con el aumento de la producción general (véase figura 8).

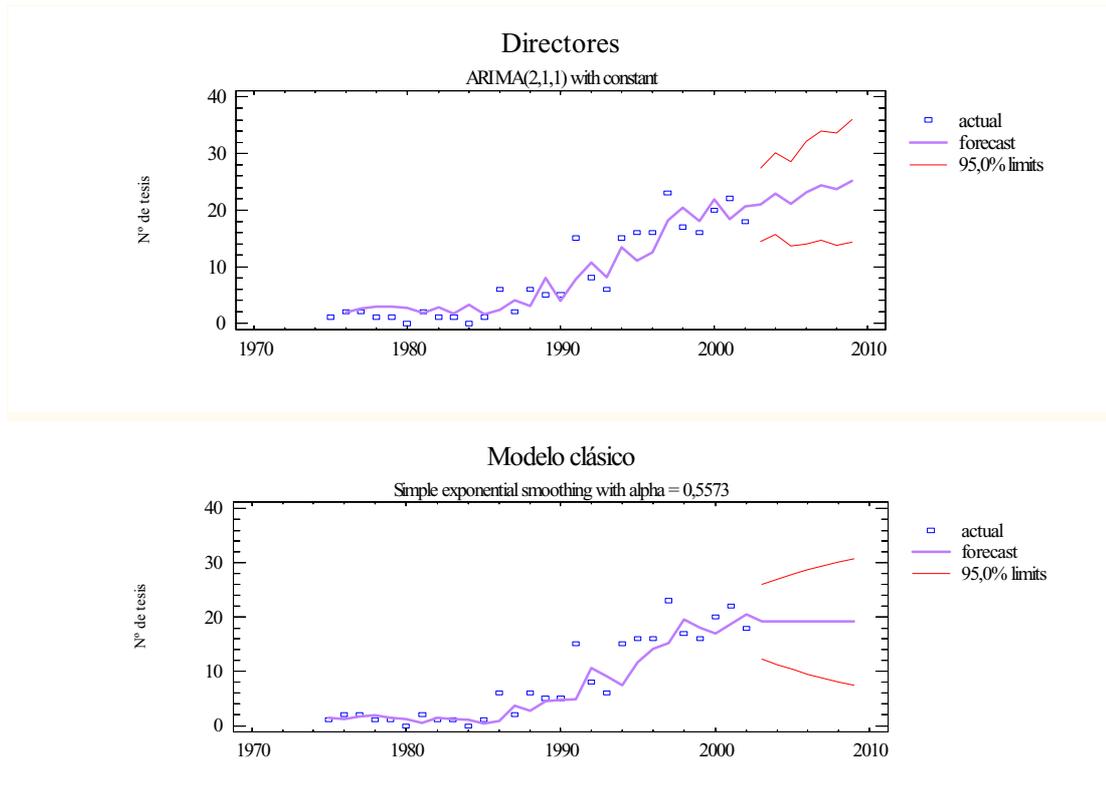


Figura 15. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los directores.

En el caso de las directoras, el ajuste a los modelos es:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,39
- C. Tendencia lineal:  $-535,82 + 0,27 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,45$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,70487	0,989885		-0,0201903	
(B)	7,80291	2,07653		3,80648E-16	
(C)	2,95523	1,17105		1,21807E-14	
(D)	4,52348	1,45217		0,982609	
(E)	3,75096	1,21985		0,591686	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,64465	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,79337	***	***	**	***	***
(C)	1,71908	OK	OK	OK	OK	***
(D)	2,12685	OK	OK	OK	OK	*
(E)	1,93674	*	OK	OK	OK	***

El mejor modelo de ajuste es a un modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox, y con respecto a los modelos clásicos, el modelo seleccionado sería el de tendencia lineal,  $y = -535,819 + 0,270662 t$ .

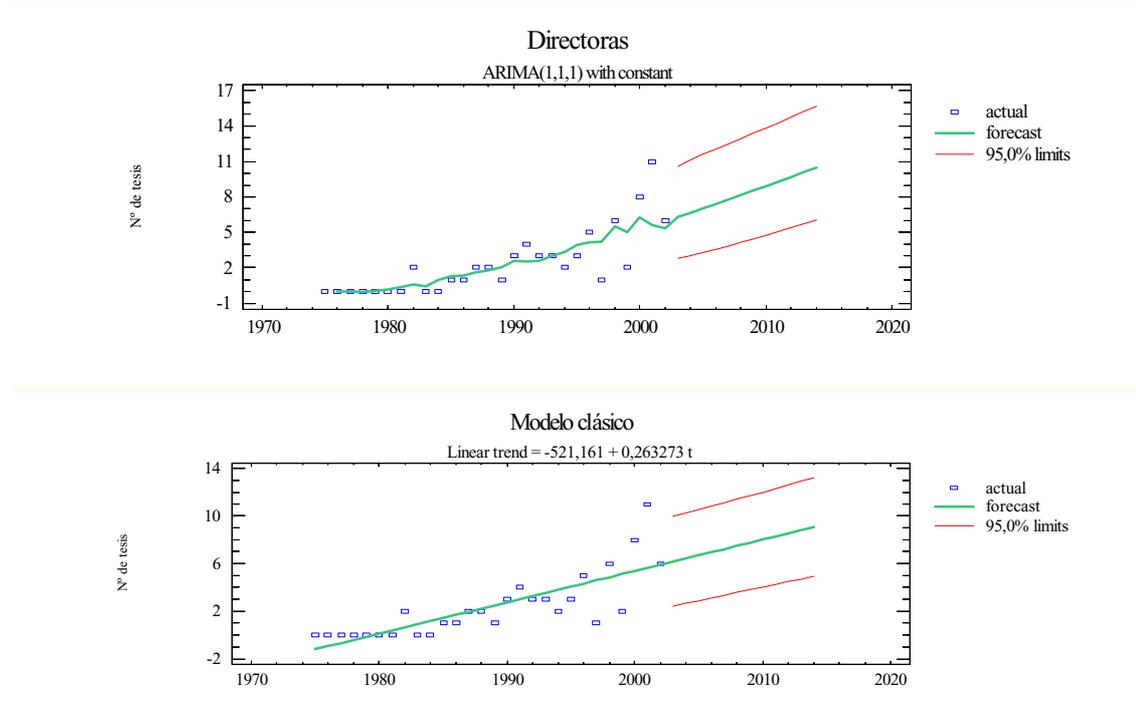


Figura 16. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las directoras.

Son bien manifiestos los distintos patrones de crecimiento (exponencial en directores, frente a lineal en directoras). Además si usáramos la pendiente de regresión como indicadora de la tendencia de crecimiento en directores, tal pendiente sería de  $40,6^\circ$ , frente a  $14,7^\circ$  en directoras.

## B. Pronósticos.

Para realizar el pronóstico, seleccionamos los dos modelos ARIMA, modelos más ajustados a los datos resultantes, que determinan que la producción en los próximos 7 años será:

Tabla 21. Valores-pronósticos en la dirección de tesis doctorales

Pronósticos	N° de tesis		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Director	Directora				
2003	22	7	13	3	33	12
2004	24	8	13	3	37	13
2005	23	8	12	4	37	14
2006	26	8	12	4	43	14
2007	27	9	12	4	45	15
2008	27	9	12	5	47	15
2009	29	10	12	5	51	16

Estos resultados muestran con insistencia que el crecimiento en la dirección de tesis doctorales por parte de hombres y mujeres será siendo desigual, pues los hombres continúan dirigiendo un mayor número de tesis que las mujeres. Los límites inferior y superior determinan como valores máximos, en el caso de los hombres, 13-51 tesis doctorales; y en las mujeres, 3-16.

Estos hallazgos, junto con los de la variable 2 sobre autoría, nos determinan que hombres y mujeres quedan representados en diferente forma según la faceta que estemos evaluando. En autoría de tesis se observa un sesgo muy leve que favorece a hombres, frente a dirección de tesis, donde ese sesgo alcanza niveles contundentes y manifiestos.

#### 8.2.5. Variable 5. Colaboración inter-directores.

La colaboración es un elemento esencial dentro de la ciencia y concretamente en la investigación; por ello es este aspecto el que queremos explicitar en esta variable. Si la tesis doctoral, como un trabajo más de investigación, está siendo guiada y/o dirigida por más de un director o por el contrario, sigue otros patrones mucho más tradicionales.

Tabla 22. Desarrollo diacrónico anual de la colaboración entre directores

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Director 1</i>	1								
<i>Director 2</i>	-								
<i>Director 3</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Director 1</i>	2	2	1	1	-	2	3	1	-
<i>Director 2</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Director 3</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Director 1</i>	2	7	4	6	6	6	13	11	7
<i>Director 2</i>	-	-	-	1	-	1	3	-	1
<i>Director 3</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Director 1</i>	15	11	11	14	18	12	14	20	8
<i>Director 2</i>	1	4	5	3	3	3	4	7	9
<i>Director 3</i>	-	-	-	1	-	-	2	-	-

El hallazgo central es que las tesis doctorales en este campo son dirigidas, en su mayoría, por un sólo director. Si bien cabe decir que en los últimos ocho años se está produciendo un aumento notable de tesis doctorales que han sido dirigidas por dos directores.

Lo que sí considera, en verdad, como hechos aislados es la dirección por parte de tres directores. Este último caso, únicamente se ha producido en tres ocasiones: una en el año 1997 y dos en el año 2000. Tal vez tenga sentido en este caso el dicho popular “*Tres son multitud*”.

La codirección es una actividad que se ha ido acometiendo desde los años 90; anteriormente, el año 1988, fue el único año donde se realizó una codirección. Esta práctica colaborativa se ha ido afianzando y aumentando su frecuencia hasta la actualidad.

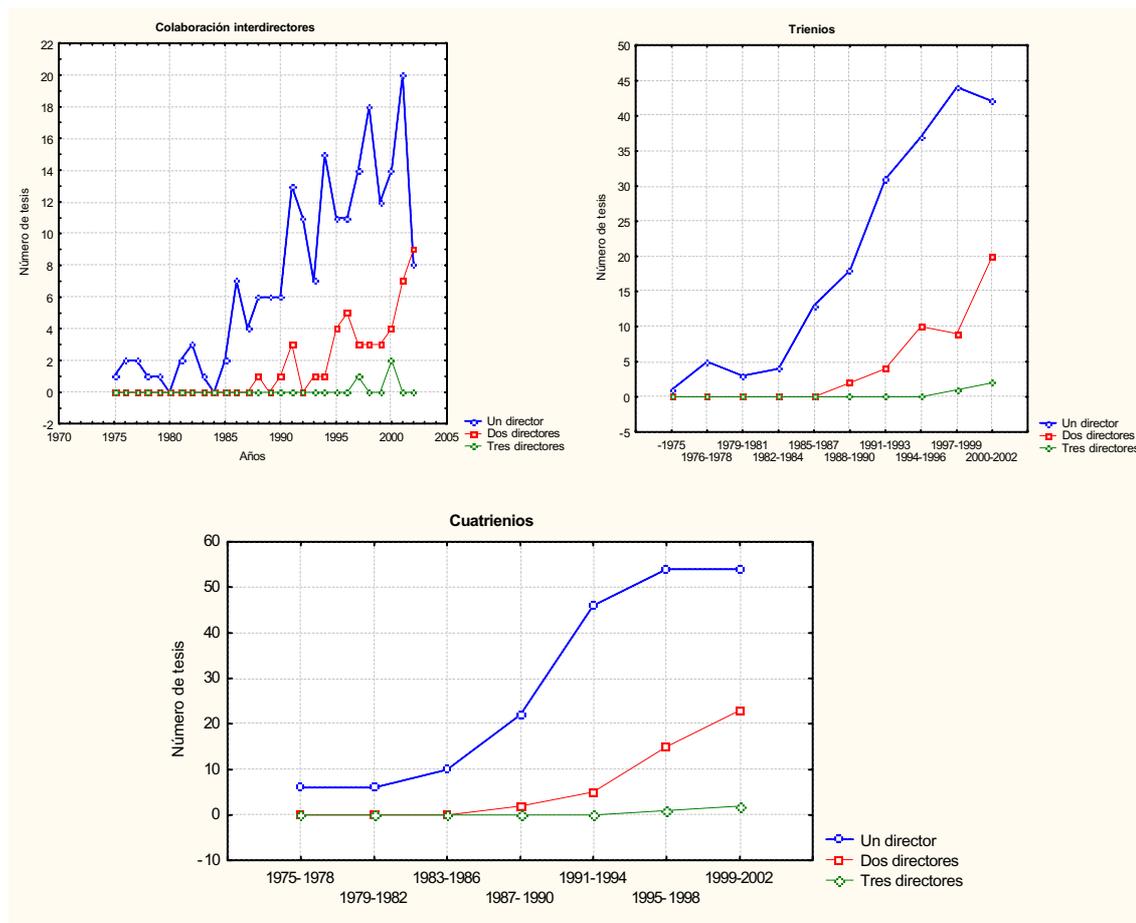


Figura 17. Colaboración diacrónica entre directores (19075-2002).

Un dato que llama notablemente la atención es el relativo al año 2002, en el que la codirección es por una unidad, mayor a la dirección por parte de un único director. Este cambio en la tendencia de dirección podrá ser analizado tras el ajuste y pronóstico de los datos.

Estos datos obtenidos no son totalmente concordantes con otros estudios realizados en áreas como la Química, Matemática o Física, donde autores como Sabater (2000) llegan a la conclusión de que en estas ciencias aumenta el porcentaje de tesis dirigidas por dos directores en detrimento de las dirigidas por uno sólo. Específicamente, en el periodo 1981-1990 las tesis dirigidas por un director serían de 242 frente a las 214 por dos directores.

Es bien manifiesto que en ciencias “duras” existe una mayor colaboración a nivel de codirección de tesis, que en ciencias “blandas”, como la Educación

Matemática; donde persiste el patrón más humanista de un único director, aunque en ésta, la tendencia que se atisba sea la de aumentar la codirección.

### A. Ajuste.

Para los casos de colaboración entre directores (2 y 3 directores) el ajuste y pronóstico no se realizará al no tener el volumen suficiente de datos que requiere este tipo de análisis. Por tanto, este análisis se realizará exclusivamente en el caso de un sólo director. El ajuste a los modelos es:

- A. Modelo ARIMA (1,1,3)
- B. Media constante = 7,07
- C. Tendencia lineal:  $-1223,9 + 0,62 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,42$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,24728	1,89761		0,0817167	
(B)	34,5132	4,94388		1,33227E-15	
(C)	8,91209	2,2483		-2,43615E-14	
(D)	13,7878	2,85217		1,6	
(E)	11,7701	2,36894		0,964707	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,69208	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,8748	*	***	***	***	**
(C)	2,98531	OK	OK	OK	OK	*
(D)	3,7132	OK	OK	OK	OK	**
(E)	3,43076	OK	OK	OK	OK	***

Para este caso, el mayor ajuste se produce a un modelo ARIMA (1,1,3) con un error MSE de 7,24. Con un error MSE relativamente próximo ( $MSE = 8,91$ ) se encuentra el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -1223,9 + 0,62 t$ , aunque este modelo no verifica el tesis de la varianza, obteniendo un nivel de significatividad marginal ( $0,05 > p > 0,10$ ).

El modelo ARIMA, representado en la figura 18 determina que la dirección por un solo director seguirá siendo una práctica mayoritaria a lo largo del periodo de tiempo analizado.

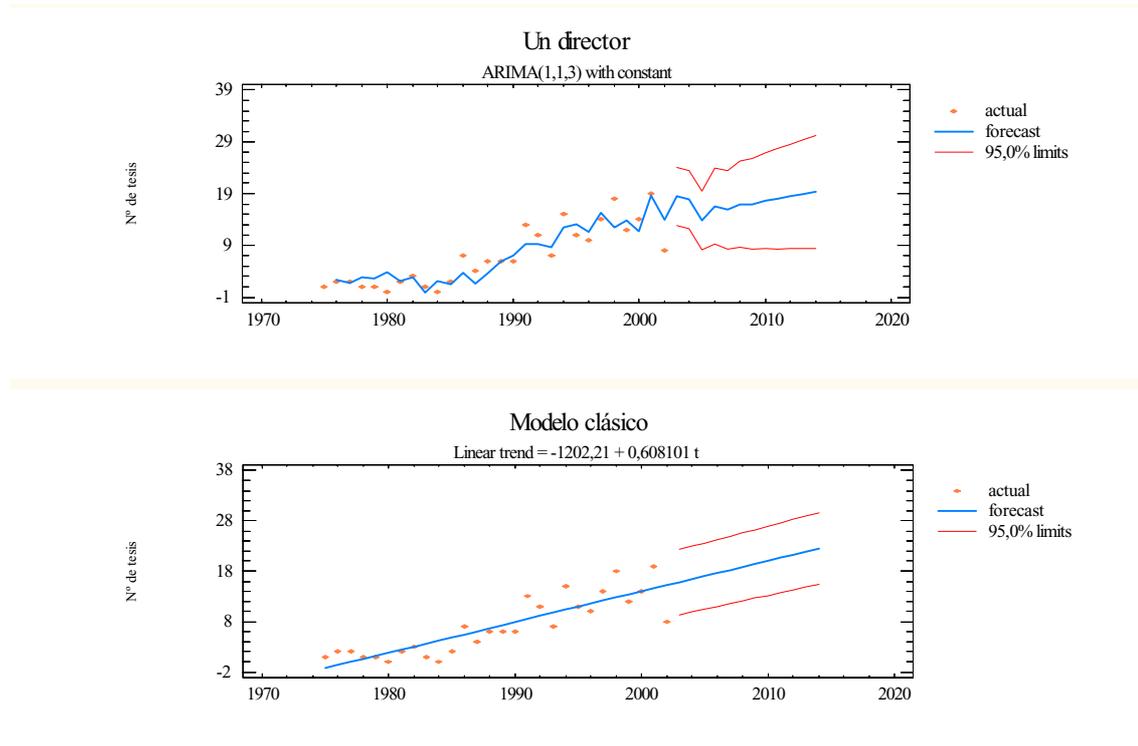


Figura 18. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la colaboración entre directores.

**B. Pronósticos.**

Tal práctica colaborativa, como observamos en la tabla de pronósticos, tendrá momentos de un menor y mayor uso, con un valor que oscila alrededor de las 17 tesis doctorales, con unos valores máximos en sus límites inferior y superior de 13 y 26 tesis.

Tabla 23. Valores-pronóstico de la dirección por parte de un solo director

Pronósticos	Director 1	Director 2	Director 3	Límite inferior 95,0%			Límite superior 95,0%		
2003	19	***	***	13	***	***	24	***	***
2004	17			12			23		
2005	14			8			19		
2006	17			9			24		
2007	16			8			23		
2008	17			9			25		
2009	17			8			26		

\*\*\* No procede el análisis.

Este hallazgo nos lleva a plantear que, si el pronóstico de la producción general (variable 1) era de casi 27 tesis doctorales, 10 de ellas serán codirigidas. Lo que nos

vuelve a confirmar que el trabajo colaborativo en la dirección de tesis doctorales será una práctica cada vez más mayoritaria, pero con un crecimiento muy lento. Tal vez más de lo deseable.

#### 8.2.6. Variable 6. Evolución diacrónica de la productividad institucional.

El estudio sobre las instituciones permite lograr un panorama sobre los “circuitos” en los que se mueve un área o disciplina, pudiéndose conocer qué instituciones y en qué medida son las de mayor productividad. Este tipo de análisis ha sido utilizado por responsables de la política científica de nuestro país para considerar posibles subvenciones a las universidades y centros de investigación.

Otro de los objetivos de este análisis es conocer las áreas geográficas más prolíficas sobre un determinado tópico y las tendencias “centralistas” o de “regionalización” en la investigación de un país (véase Liniers, 1998).

Tabla 24. Desarrollo diacrónico anual de la producción institucional (1975-2002)

<b>Universidad</b>	<b>Periodo</b>	<b>Antigüedad (Años)</b>	<b>Total</b>
Universidad Complutense de Madrid	1975-1977, 1981, 1986-2002	27	39
Universidad de Granada	1989, 1991, 1993-2002	13	32
Universidad Autónoma de Barcelona	1986, 1989-1994, 1997-2002	16	27
Universidad de Barcelona	1979, 1982-1986, 1990, 1994-1996, 1999-2002	23	25
UNED	1987, 1989, 1991, 1993-2002	15	26
Universidad de Valencia	1992-1994, 1996-2001	9	15
Universidad de la Laguna	1985-1986, 1990, 1997-2001	17	12

Se han seleccionado las 7 universidades más productivas, todas ellas con una producción superior a las restantes universidades aquí citadas. Como se observa en la tabla 24, la universidad más productiva y con una mayor tradición es la Universidad Complutense de Madrid, que realiza la primera lectura de una tesis doctoral sobre Educación Matemática.

Con una diferencia de 7 tesis doctorales, la Universidad de Granada se convierte en la segunda universidad de mayor producción, comenzando la lectura de tesis doctorales en el año 1989, catorce años después que la Universidad Complutense de Madrid. En sólo 13 años, en que se contabilizan sus producciones, esta universidad ha generado casi tantas tesis (32) como las más antiguas, Madrid (39). Este hallazgo manifiesta la pujanza y fertilidad de la universidad de Granada en Educación Matemática.

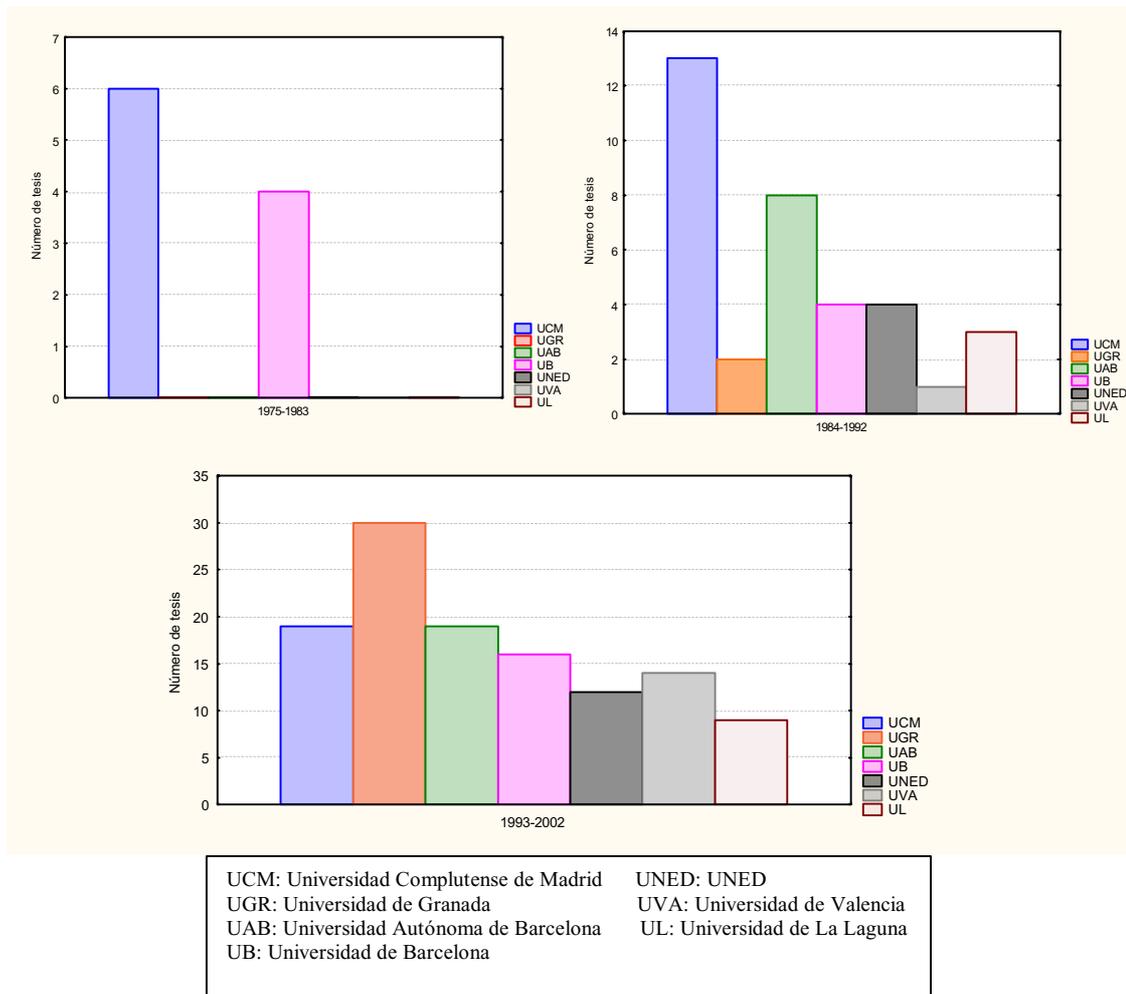


Figura 19. Productividad diacrónica institucional (1975-2002).

Estas conclusiones tan genéricas son más indicativas cuando observamos el gráfico dividido en periodos de tiempo. En el primer periodo señalado (1975-1983), las únicas universidades con producción son: la Universidad Complutense de Madrid, y la Universidad de Barcelona, con una diferencia en sus orígenes de 4 años.

En el segundo periodo, 1984-1992, la Universidad Complutense de Madrid se constituye como un referente claro en la producción de tesis doctorales. Destacando también el gran aumento de la producción que se origina en la Universidad Autónoma de Barcelona, duplicando su producción con respecto a la Universidad de Barcelona.

En el último periodo establecido, 1993-2002, la Universidad Complutense de Madrid cede su primacía productiva a la Universidad de Granada, convirtiéndose ésta en la universidad con una mayor producción en el campo de la Educación Matemática. La Universidad Complutense de Madrid, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad de Barcelona pasan a ser universidades con una producción bastante homogénea, únicamente la Universidad de Barcelona es algo menor.

Otra universidad que destaca por el gran aumento de su producción, en este último periodo, es la Universidad de Valencia, en la que se origina un crecimiento acelerado de su producción con respecto a los periodos de tiempo anteriores. De hecho, Granada y Valencia se constituyen como centros actuales de gran empuje investigador, a nivel de tesis. Las restantes universidades mantienen sus niveles de producción, e incluso, los han ido disminuyendo a lo largo del tiempo.

Finalmente acentuar la emergencia de dos universidades, con distintas características intrínsecas, por una notable producción en el campo de la Educación Matemática: la Universidad de La Laguna y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

#### **A. Ajuste.**

Siguiendo el orden de mayor productividad realizaremos el ajuste únicamente a las dos universidades con mayor producción, al contar éstas con un monto de

información más abundante para el análisis, lo cual determina una serie temporal más amplia. El ajuste de la producción de la Universidad Complutense de Madrid sería:

- A. Modelo ARIMA (1,1,6)
- B. Media constante = 1,39
- C. Tendencia lineal:  $-170,03 + 0,09 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,22$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,56389	0,880597		0,0657608	
(B)	2,09921	1,16327		3,48927E-16	
(C)	1,65773	0,967804		3,04518E-15	
(D)	2,12522	0,991304		0,330435	
(E)	1,93206	1,00343		0,269244	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,25056	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	1,44886	*	OK	OK	**	*
(C)	1,28753	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	1,45781	OK	*	OK	OK	***
(E)	1,38998	OK	OK	OK	OK	OK

---

La Universidad Complutense de Madrid se ajusta de manera muy similar a dos modelos: el ARIMA y el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -170,03 + 0,09 t$ . Siendo rigurosos, el mayor ajuste se produce al modelo ARIMA (1,1,6), siendo éste el modelo que presenta un menor error  $MSE = 1,56$  y que confirma todos los tests realizados en este análisis. Por lo tanto, será este modelo el que tomaremos como referente para el posterior pronóstico.

El modelo clásico de tendencia lineal es, el modelo clásico al se produce un mejor ajuste, con un error MSE levemente superior al modelo ARIMA, en este caso el MSE es igual a 1,66; ratificando igualmente todos los tests realizados. Otro modelo de menor ajuste que este anterior, que también ratifica todos los supuestos, es el modelo alisado simple exponencial con  $\alpha 0,22$ , presentando este modelo un error medio cuadrático (MSE) de 1,93.

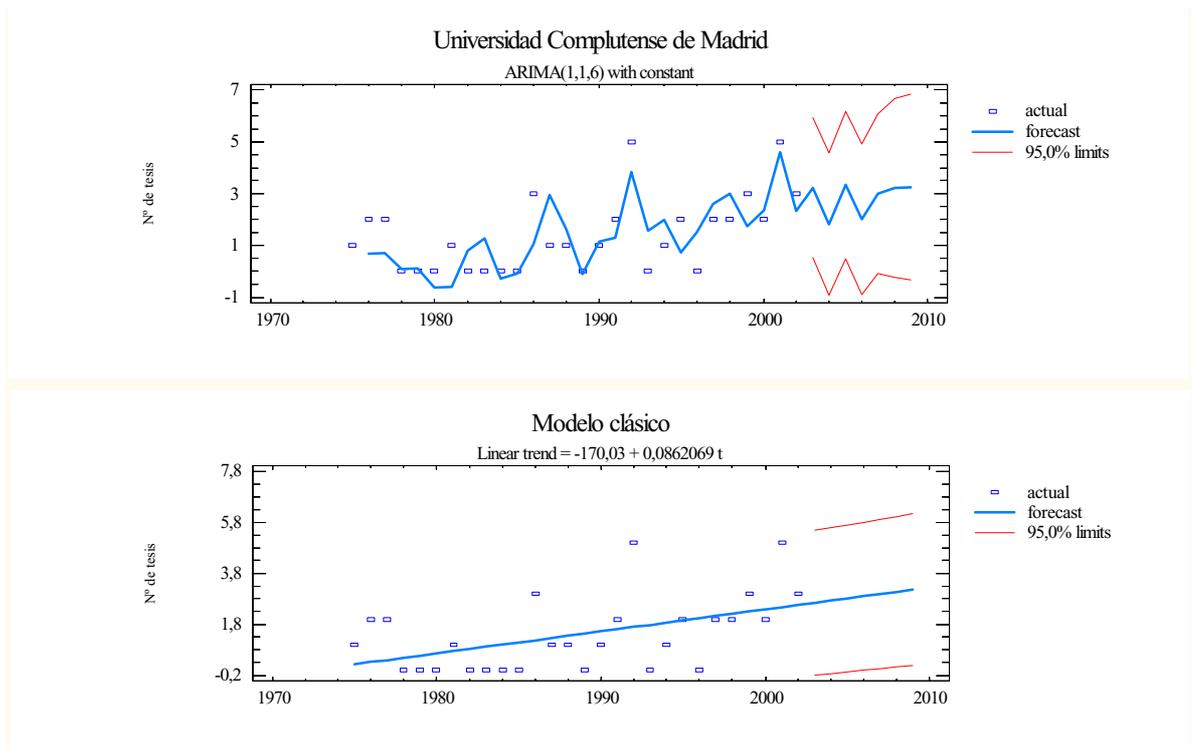


Figura 20. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción de la UCM.

En el caso de la universidad de Granada el ajuste es el siguiente:

- A. Modelo ARIMA(1,1,5) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 1,14
- C. Tendencia lineal:  $-277,49 + 0,14 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,48$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,13991	0,6167		0,0891334	
(B)	2,6455	1,33673		3,17207E-16	
(C)	1,36761	0,825866		-3,85723E-14	
(D)	1,89565	0,869565		0,295652	
(E)	1,36781	0,725728		0,179472	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,06767	OK	OK	OK	OK	***
(B)	1,6265	***		***	***	***
(C)	1,16945	***	***	OK	OK	***
(D)	1,37683	*	OK	OK		
(E)	1,16953	***	OK	OK	OK	***

En este caso el ajuste a los modelos no es total, ya que ninguno de ellos confirma la totalidad de los tests realizados. Este hecho puede deberse a que la serie temporal de la producción de la Universidad de Granada es muy corta. A esta característica hay que añadirle que es un periodo de tiempo en el que existen demasiados periodos de nula productividad y otros con frecuencias altas, produciéndose diferencias extremas a lo largo de su trayectoria. Siendo ésta una explicación del porqué el test de la varianza no es positivo.

En cualquier caso, el mejor ajuste es al modelo ARIMA (1,1,5) con ajuste matemático de Box-Cox, y al alisado simple exponencial con alpha 0,48, como modelo clásico.

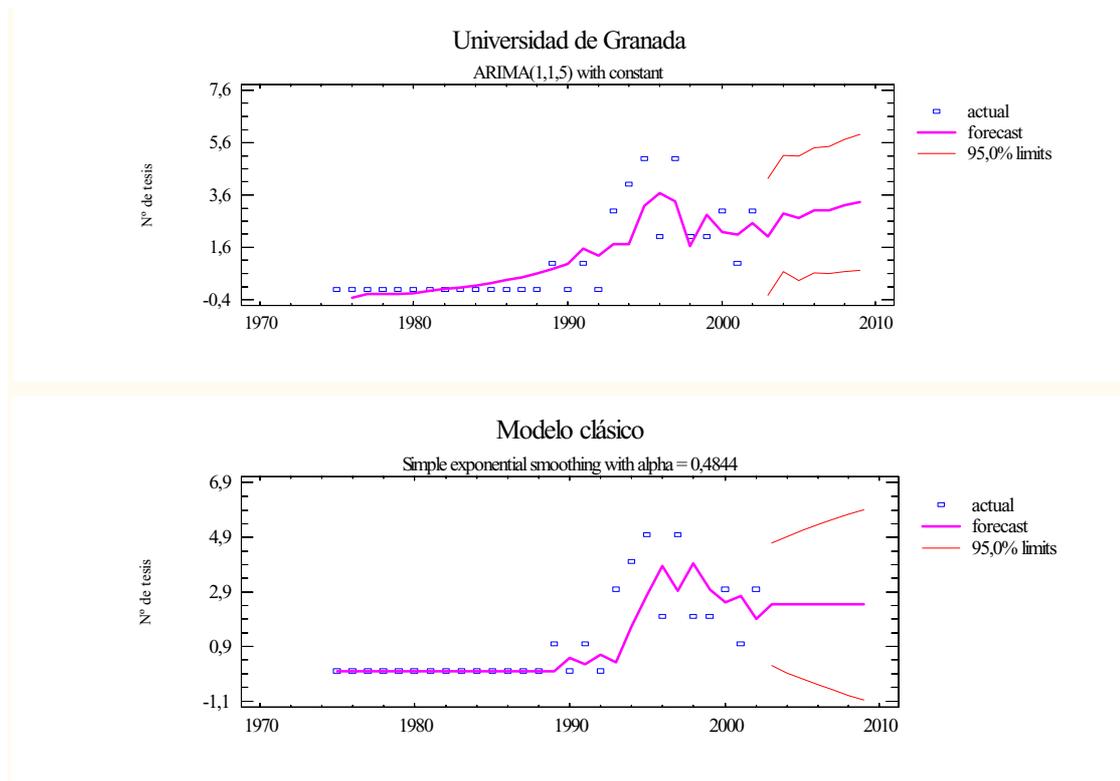


Figura 21. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción de la UGR.

Comparando las pendientes de regresión de los modelos de ajuste, la Universidad Complutense de Madrid presenta una tendencia de crecimiento de 4,5°; frente a un ángulo de 8° de Granada. Por lo que se confirma el notable crecimiento de producción de tesis doctorales en Educación Matemática por parte de la Universidad de Granada.

En ambos casos se determina que la producción de estas dos universidades seguirá aumentando a lo largo del periodo de tiempo; aunque con algunas diferencias.

### B. Pronósticos.

La siguiente tabla de valores pronósticos nos cuantifica, a nivel de productividad, esas diferencias de crecimiento de las dos universidades anteriormente comentadas. Esos valores, para los próximos siete años, son:

Tabla 25. Valores-pronósticos de la producción de la UCM y UGR

Pronósticos	UCM	UGR	Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
2003	3	2	1	0	6	4
2004	2	3	0	1	4	5
2005	3	3	0	0	6	5
2006	2	3	1	1	5	6
2007	3	3	0	1	6	6
2008	3	3	0	1	6	6
2009	3	3	0	1	7	7

Cuando realizamos los pronósticos en base a los modelos ARIMA seleccionados, observamos como la Universidad Complutense de Madrid, al contrario que la Universidad de Granada, tiene una producción creciente pero con algunas fluctuaciones cada dos años. En contraposición, aunque los pronósticos son muy similares, al igual que los límites inferior y superior, la Universidad de Granada tiene un crecimiento continuo. Esas fluctuaciones, explicarían esas diferencias de producción, a favor de la Universidad de Granada en el último periodo de tiempo analizado.

#### 8.2.7. Variable 7. Evolución diacrónica de la colaboración institucional.

Una vez determinada la existencia de una lenta pero continua práctica en la colaboración entre directores, se trata de determinar la procedencia o universidad de origen de tales miembros. Es decir, con el estudio de esta variable se dilucidará si tal colaboración se realiza entre miembros de una misma institución/universidad o, por el contrario, también hay una colaboración entre distintas universidades.

Tabla 26. Desarrollo diacrónico anual de la colaboración institucional

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>1 Institución</i>	1								
<i>2 Instituciones</i>	0								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>1 Institución</i>	2	2	1	1	0	2	3	1	0
<i>2 Instituciones</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>1 Institución</i>	2	7	4	6	6	6	17	11	7
<i>2 Instituciones</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>1 Institución</i>	16	12	16	15	20	3	19	26	17
<i>2 Instituciones</i>	0	3	0	3	1	2	0	1	1

Esta primera aproximación descriptiva determina que la colaboración entre miembros pertenecientes a distintas universidades es muy escasa (con una frecuencia máxima de 3 en cada año). Por tanto, las codirecciones de tesis doctorales, anteriormente analizadas se llevan a cabo entre miembros de una misma institución-universidad.

Observando la representación de este análisis temporal (figura 22) observamos que la colaboración institucional comienza a partir del periodo 1993-1995, existiendo un solo caso anterior en el año 1988; colaboración llevada a cabo por la Universidad Miguel Hernández de Elche y la Universidad de Zaragoza, y continúa, hasta la actualidad, en los mismos escasos porcentajes con los que había sucedido hasta el momento.

Esta información desvela que esta falta de colaboración entre instituciones, se convierte en prácticas aisladas dentro del ámbito de la elaboración de tesis doctorales en Educación Matemática.

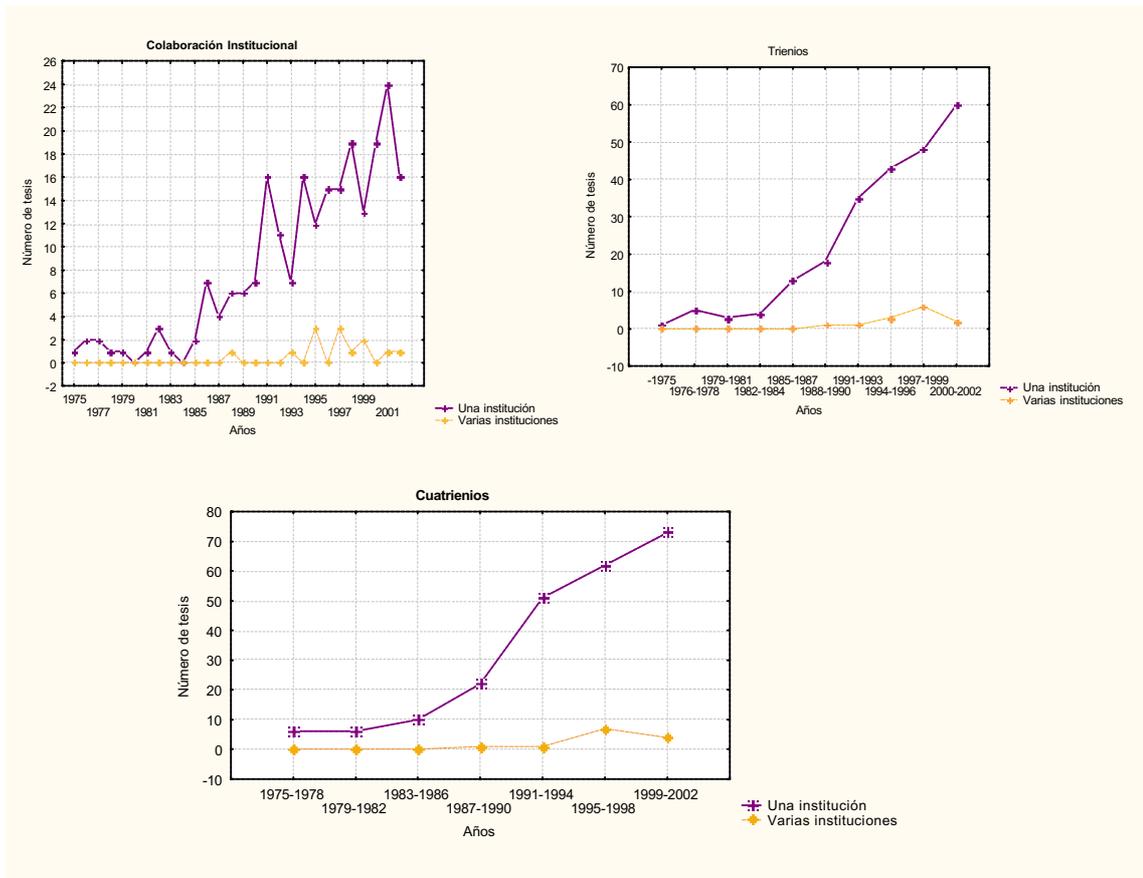


Figura 22. Diacronía de la colaboración institucional (1975-2002).

### A. Ajuste.

El ajuste se realizará, por tanto, en el caso de una sola institución. Los datos relativos a esta variable se ajustan a los siguientes modelos:

- A. ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 8,32
- C. Tendencia lineal:  $-1605,23 + 0,81 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,46$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	11,3512	2,38468		0,331858	
(B)	55,4854	6,46173		1,45915E-15	
(C)	11,3518	2,64776		-1,29928E-13	
(D)	18,1739	3,21739		2,36522	
(E)	15,4815	2,65066		1,37166	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,36916	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	7,44886	OK	***	***	***	***
(C)	3,36925	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	4,26309	OK	OK	OK	*	**
(E)	3,93466	OK	OK	OK	OK	***

En este caso, el ajuste de los datos obtenidos al modelo ARIMA y al modelo clásico de tendencia lineal  $y = -1605,23 + 0,81 t$  es muy similar, dando además una resolución gráfica muy parecida.

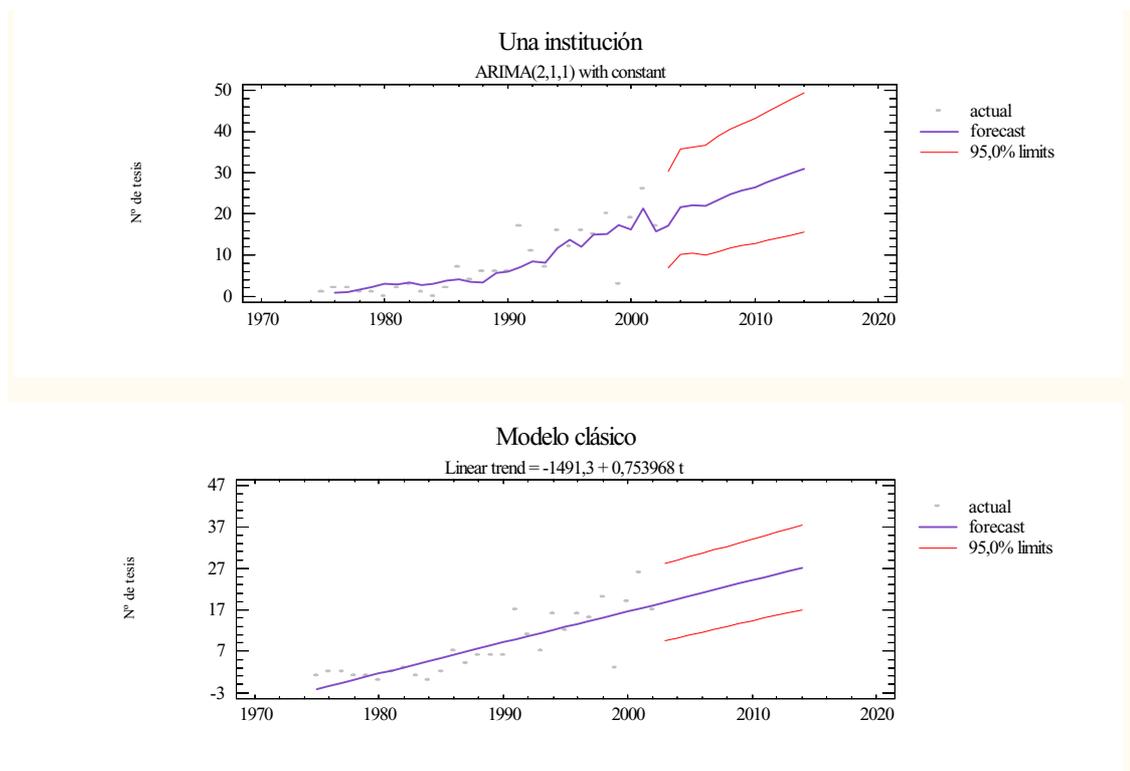


Figura 23. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de una sola institución.

Para encontrar las diferencias tenemos que irnos a la cuarta y quinta cifra decimal del error medio cuadrático (MSE) y en este caso, el mejor ajuste posible sería un modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox. Las similitudes de ambos modelos se prolongan hasta en los valores-pronósticos, dando ambos modelos resultados muy homogéneos.

## B. Pronósticos.

Los valores pronósticos determinados, según el modelo ARIMA, establecen que la dirección de una tesis doctoral seguirá siendo realizada desde una misma institución, ratificando la tendencia de falta de colaboración institucional.

Tabla. 27. Valores-pronósticos de la colaboración institucional (una institución)

<b>Pronósticos</b>	<b>Una institución</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	20	12	30
2004	25	15	35
2005	23	14	34
2006	24	13	35
2007	26	15	38
2008	27	16	39
2009	27	16	40

Los valores prospectivos determinan cuantitativamente un aumento en la falta de colaboración institucional o, lo que es lo mismo, el incremento de realización de tesis doctorales por parte de una única institución académica.

Este hallazgo resulta preocupante pues es una práctica que no remite con el paso del tiempo, sino que se afianza aún más con el aumento de la productividad.

### 8.2.8. Variable 8. Evolución diacrónica según centro de realización.

Esta variable, centro de realización, hace referencia al departamento de lectura de la tesis doctoral. La diversidad de departamentos de lectura obligó a establecer una agrupación relativa a los mismos, en función de la relación con la Educación Matemática. Las categorías que se establecieron fueron:

- *Generalistas*: Agrupando departamentos de carácter netamente pedagógicos como: Didáctica y Organización Escolar, Teoría e Historia de la Educación o Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación.

- *Especialistas*: Agrupando departamentos como el de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales, etc.
- *Psicológicos*: Todos aquellos departamentos relacionados con el campo de la Psicología.
- *Matemáticos*: Departamentos de las “matemáticas puras”, tales como el departamento de Estadística o el de Análisis matemático.
- *Otros*: Categoría miscelánea en la que se agrupan los demás departamentos que no tienen cabida en ninguna de las categorías anteriores. Por ejemplo: Filosofía general, Lógica y Filosofía de la ciencia, Ciencias informáticas, Lingüística, etc.

Según esta clasificación, podemos obtener un desarrollo diacrónico de cada una de estas categorías, destacando que las primeras tesis doctorales se efectuaron desde departamentos generalistas (1975) y psicológicos (1976). (Ver tabla 28).

Tabla 28. Desarrollo diacrónico anual de la producción según centro de realización

<b>Centro de realización</b>	<b>Periodo</b>	<b>Años con realizaciones</b>	<b>Totales</b>
Generalistas	1975-1977, 1979, 1981, 1985-2002	23	88
Especialistas	1983, 1989, 1991-2002	14	81
Psicológicos	1976, 1982, 1985-1986, 1988, 1991-2002	17	51
Matemáticos	1989, 1992, 1994, 1997-2002	10	12
Otros	1978, 1980-1981, 1989-1991, 1994-2001	14	16

Se constata que los departamentos generalistas cuentan con una mayor tradición/antigüedad investigadora, comenzando su producción en 1975 y manteniéndola a lo largo de 23 años. Por el contrario, los departamentos especialistas empiezan a realizar tesis doctorales en los años 80, concretamente en el año 1983; aunque su producción no tendrá un carácter continuo hasta el año 1991.

Para obtener un conocimiento más detallado de cuál ha sido la evolución de estas categorías establecidas, se han representado tales periodos de producción en la siguiente figura.

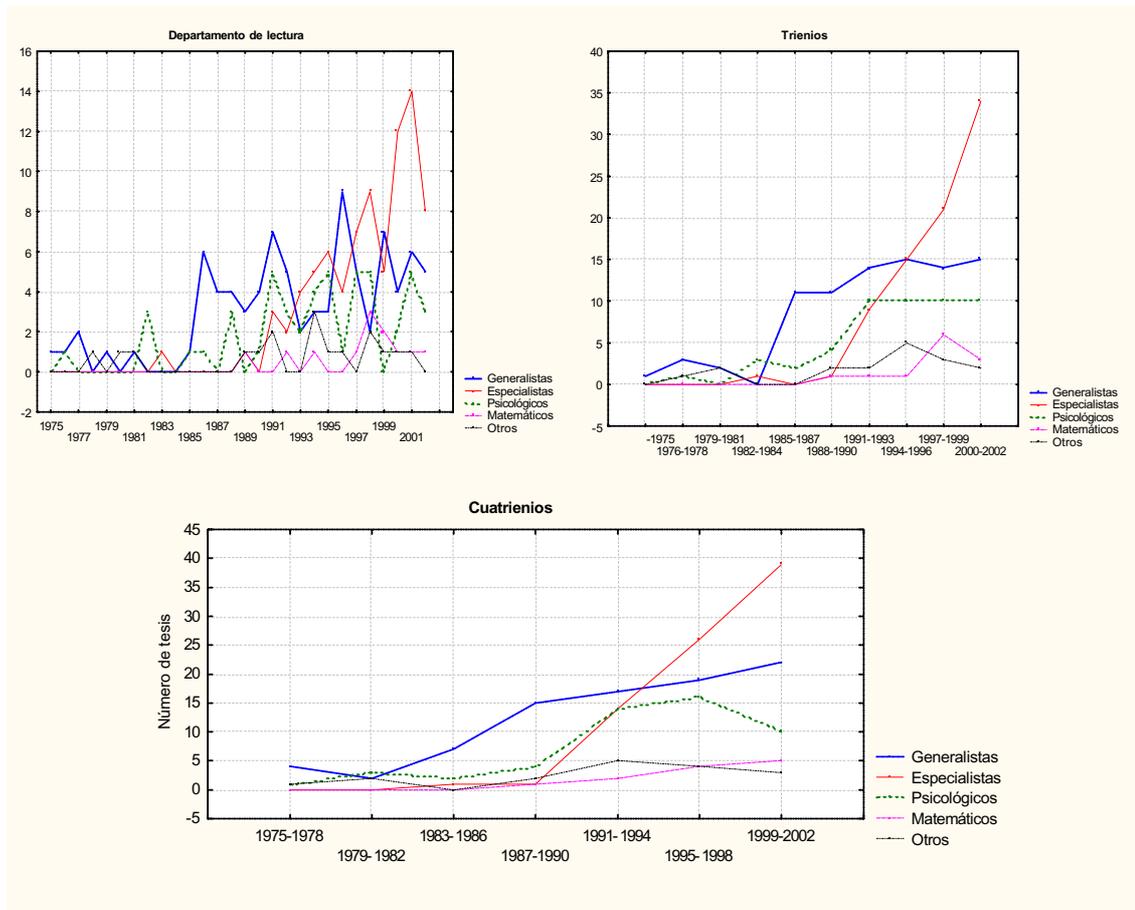


Figura 24. Producción de tesis doctorales según centros de realización (1975-2002).

En esta figura podemos observar como la realización de tesis doctorales en departamentos *generalistas* fue mayoritaria hasta el año 1991; pudiéndose considerar éste el año de despegue de la investigación del área de conocimiento de la Didáctica de la Matemática. Y es por ello por lo que, a partir de este momento, los departamentos *especialistas* comienza a tener un crecimiento exponencial muy acentuado, que continúa hasta la actualidad.

Con respecto a los departamentos *psicológicos* podemos decir que han tenido una gran influencia y representatividad en la realización de tesis doctorales sobre Educación Matemática, influencia que se ha sostenido casi constante con el paso del tiempo.

Por último, mencionar que los departamentos *matemáticos* y los denominados *otros*, han mantenido un escaso aporte a lo largo del periodo analizado.

### A. Ajuste.

El ajuste se realizará únicamente sobre las dos primeras categorías establecidas, por ser ambas las más productivas en la realización de tesis doctorales. En el caso de los departamentos *generalistas*, los modelos de verificación/ajuste tendrían los siguientes valores:

- A. ARIMA (4,2,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 3,14
- C. Tendencia lineal:  $-445,28 + 0,23 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,32$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,26316	1,11621		0,0604121	
(B)	6,71958	2,16327		3,48927E-16	
(C)	3,40461	1,44198		-3,85723E-14	
(D)	4,56	1,6		0,626087	
(E)	4,39495	1,40939		0,518129	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,80642	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,59221	OK	***	**	***	OK
(C)	1,84516	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	2,13542	OK	OK	OK	OK	**
(E)	2,09641	OK	OK	OK	OK	OK

La producción de tesis doctorales por parte de los departamentos *generalistas* se ajusta a dos modelos con unas diferencias mínimas y ratificando todos los supuestos del análisis de series temporales. Estos modelos: ARIMA (4,2,4) con ajuste matemático de Box-Cox en este caso, al contrario que en otras variables anteriores, se ha tenido que diferenciar dos veces para hacer la serie estacionaria; y al modelo clásico de tendencia lineal  $y = -445,28 + 0,23 t$ . De estos dos modelos se selecciona el modelo ARIMA, como mejor modelo de ajuste, con un error menor (MSE = 3,26).

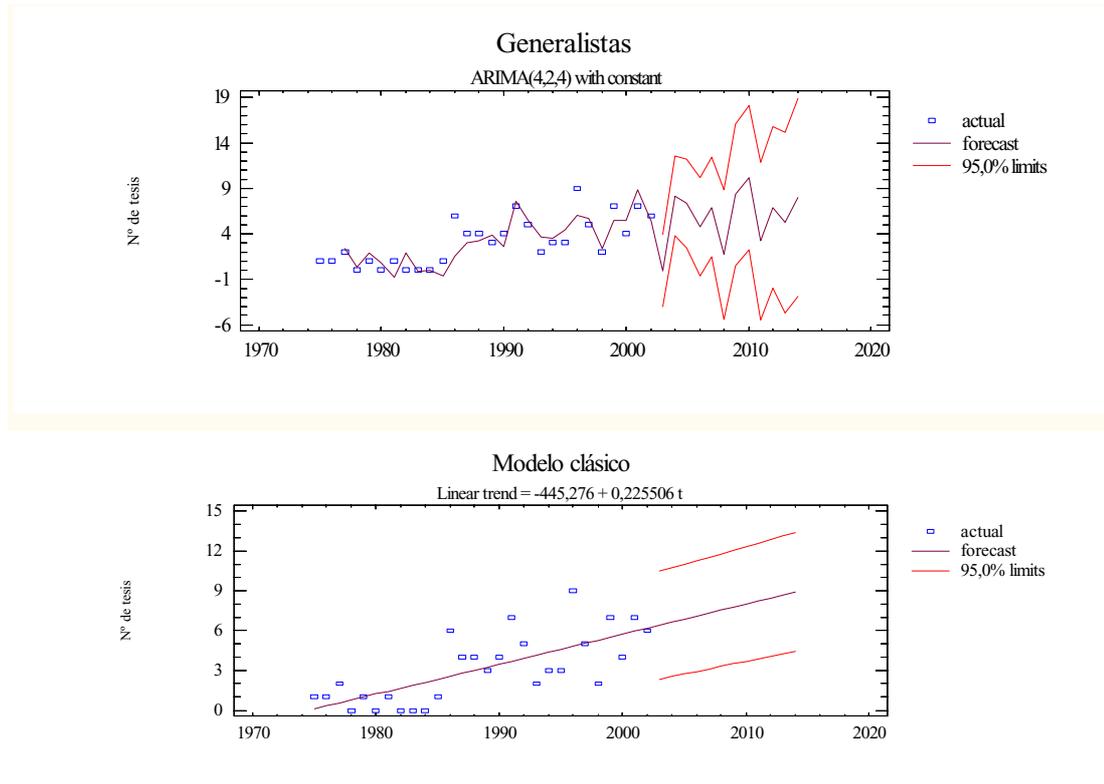


Figura 25. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción generalista.

Este modelo determina un crecimiento desigual en la producción de tesis doctorales con amplias fluctuaciones anuales, que se producen igualmente a los límites superior e inferior (al 95% de confianza) delimitados por este modelo.

En el caso de los departamentos *especialistas*, el ajuste a los modelos sería:

- A. ARIMA (2,2,6) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,89
- C. Tendencia lineal:  $-805,24 + 0,41 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,56$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,03541	0,644639		0,0244612	
(B)	16,0251	3,22704		-1,14194E-15	
(C)	5,03552	1,69916		4,06024E-14	
(D)	6,1513	1,64348		1,31304	
(E)	4,32299	1,29144		0,626807	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,01755	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,00314	***	***	***	***	***
(C)	2,244	**	*	***	OK	OK
(D)	2,48018	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,07918	***	OK	OK	*	***

La producción en este tipo de departamentos se ajusta, de manera concluyente, al modelo ARIMA (2,2,6) con ajuste matemático de Box-Cox, seguido del modelo alisado simple exponencial con  $\alpha 0,56$ .

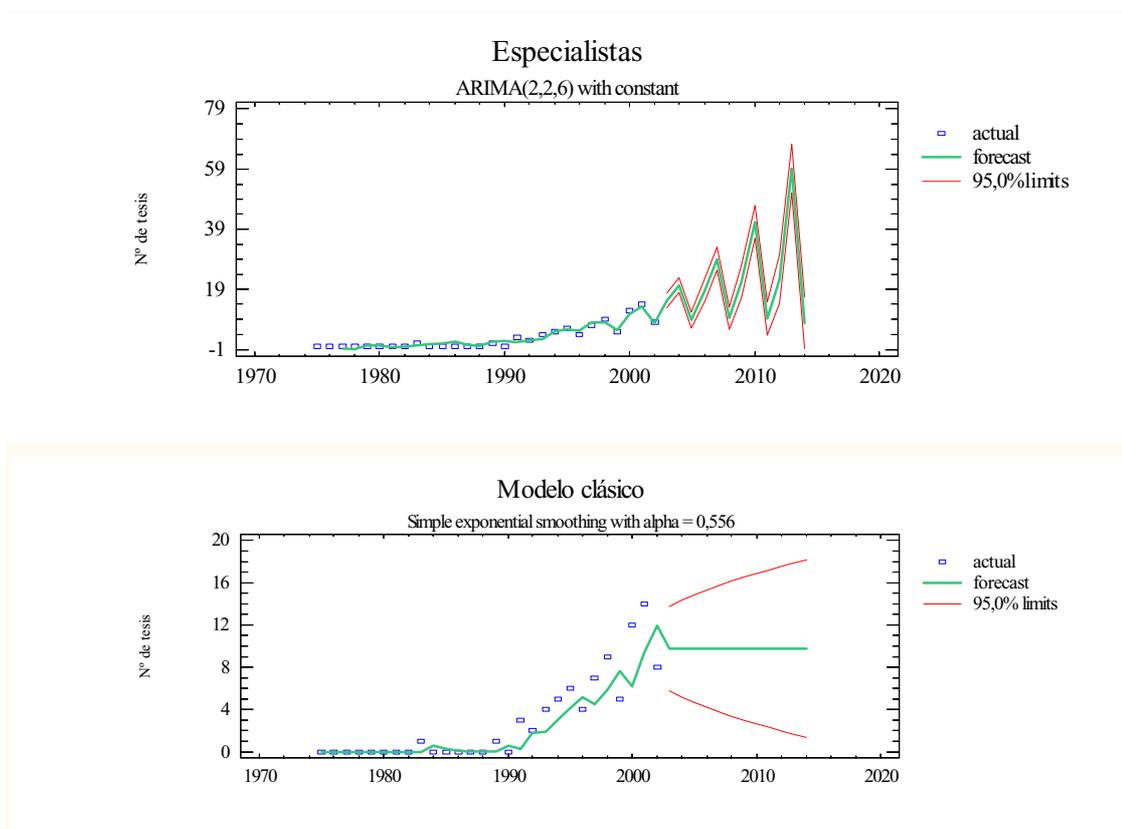


Figura 26. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la producción especialista.

Si se comparan las pendientes de regresión, según ajuste, al modelo lineal se observa como la tendencia de crecimiento de los departamentos especialistas ( $a = 0.41$ , con una arcotangente  $a = 22,1^\circ$ ) es más pronunciada que la de los departamentos generalistas ( $a = 0,22$ , con una arcotangente  $a = 12,4^\circ$ ). Para ratificar estos datos obtenidos y arrojar mayor claridad sobre cuál será la tendencia de crecimiento de ambos tipos de departamentos, el análisis prospectivo aportará los valores cuantitativos a esperar para los próximos siete años.

## B. Pronósticos.

Como determinamos anteriormente, tanto los departamentos *generalistas* como los *especialistas* manifiestan un crecimiento con importantes fluctuaciones en sus valores pronósticos, dificultando, este hecho, determinar patrones de crecimiento con cierta regularidad.

Tabla 29. Valores-pronósticos de la producción en centros generalistas y especialistas

Pronósticos	Centros		Límite inferior		Límite superior	
	Generalistas	Especialistas	95,0%		95,0%	
2003	1	17	0	13	4	20
2004	8	20	3	17	13	24
2005	7	10	2	7	13	14
2006	5	22	0	16	11	28
2007	7	30	1	23	13	36
2008	2	13	0	8	9	19
2009	8	28	0	20	16	37

Para determinar tales patrones se realiza una agrupación trienal, semejante a la del análisis descriptivo, en la que se denota una tendencia de estabilización en el caso de los departamentos *generalista* (valor medio de 14-15 tesis doctorales), algo que se había hecho explícito en el primer análisis realizado. Por el contrario, los departamentos *especialistas* marcan un crecimiento continuo, cuyos máximos límites de crecimiento (inferior y superior) estarían en 23 y 37 tesis doctorales respectivamente; por lo tanto, se confirma el resultado obtenido a través de las pendientes de regresión, corroborando que el patrón de crecimiento será mayor en departamentos *especialistas* que en los *generalistas* y con una tendencia más acusada.

### 8.2.9. Variable 9. Evolución diacrónica del número de citas.

El análisis de las citas, que una publicación recibe de otras posteriores o de las referencias que una publicación hace de otras anteriores, es uno de los indicadores más utilizados y polémicos en la investigación cuantitativa. Este análisis suele realizarse para medir la repercusión o impacto de una publicación, autor o revista, todo ello sin ausencia de fuertes críticas, que se recogen en estudios como los de MacRoberts y

MacRobets, 1996 y Rinia, van-Leeuwen, Bruins, van-Vuren y van-Raan, 2002; y que podríamos resumir en los siguientes síndromes y efectos:

- Síndrome de Mendel: Citas tardías, debido también, a un reconocimiento tardío del autor.
- Síndrome Wittgenstein: No se cita debido a una incomprensión del estudio.
- Efecto Lowry: Todos lo citamos, pero nadie lo lee.
- Efecto Einstein: Es tan conocido por todos que no se cita.
- Efecto *Old boys clique*: Lo que conocemos como “sombbrero”. Citación de trabajos de nuestros pares, colegas o amigos.

En nuestro caso, el objetivo planteado es obtener un mapa diacrónico sobre esa preocupación existente a la hora de realizar referencias bibliográficas, y la existencia de una posible e implícita tendencia general.

Los datos obtenidos en la siguiente tabla representan la variabilidad existente en cada uno de los años; además decir que ese resultado expuesto ha sido redondeado.

Tabla 30. Desarrollo diacrónico anual del número de citas (valores promedio).

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Citas</i>	34								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Citas</i>	196	375	-	197	-	295	150	89	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Citas</i>	229	407	298	236	165	215	318	270	193
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Citas</i>	317	229	234	240	165	231	196	226	237

El análisis de la varianza (ANOVA) realizado (figura 27) denota que, a pesar de la amplia variabilidad observada en los primeros años del estudio, existe una tendencia generalizada a realizar unas 200 referencias bibliográficas a lo largo de todo el periodo de análisis. Además estas diferencias anuales serían producto del azar, o sea, sin

significación estadística pues según el test ANOVA simple,  $F$  para 25, 215 grados de libertad tiene un valor de 1,14 con un valor  $p$  asociado de 0,29, evidentemente mayor que el nivel de significación admisible 0,05. Véanse datos afines en la figura 27.

Este hallazgo nos conduce a desestimar, en esta ocasión, la premisa establecida por Garfield (1983) sobre el aumento progresivo del número de citas por año; pues como observamos las tesis doctorales sobre Educación Matemática han tenido, fundamentalmente a partir de los años 90, un número constate de referencias bibliográficas.

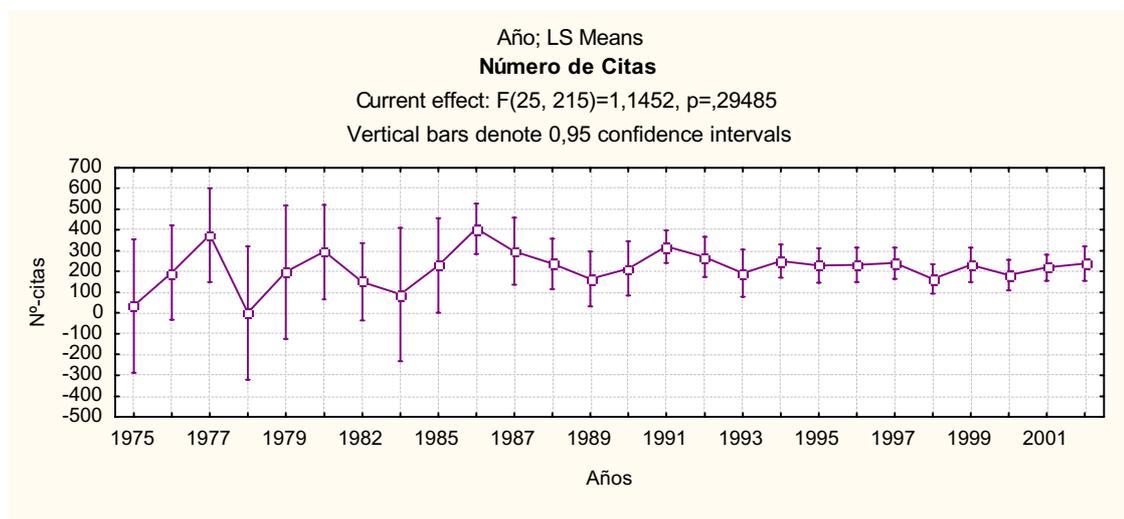


Figura 27. Análisis de la varianza del número de citas, según años.

El hallazgo que se establece de este análisis es que el patrón de citas promedio en las tesis doctorales españolas de Educación Matemática, no varía según pasa el tiempo, quedando delimitado el número de citas en un claro intervalo numérico.

#### A. Ajuste.

Tal resultado puede conducir a suponer que en este caso un buen ajuste sería el modelo clásico de media constante. Pero al realizar este ajuste a los distintos modelos observamos:

- A. ARIMA (3,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 205,03
- C. Tendencia lineal:  $-7590,39 + 3,92 t$

D. Media móvil simple de 5 términos

E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,05$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	10104,3	73,9522		3,46299	
(B)	11034,5	76,8959		-1,6241E-14	
(C)	10379,0	73,9382		2,18238E-13	
(D)	8485,06	69,2748		6,67652	
(E)	11373,9	78,2708		8,07322	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	100,52	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	105,045	OK	OK	OK	OK	***
(C)	101,877	OK	OK	OK	OK	***
(D)	92,1144	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	106,648	OK	OK	OK	OK	***

Que el mejor ajuste se produce al modelo clásico de media móvil de 5 términos, y posteriormente a un modelo ARIMA (3,1,1) con ajuste Box-Cox. Este ajuste explicita que una variación en un año tiene una influencia en los 5 años posteriores, dándose de este sentido una vinculación de los datos durante este periodo de tiempo.

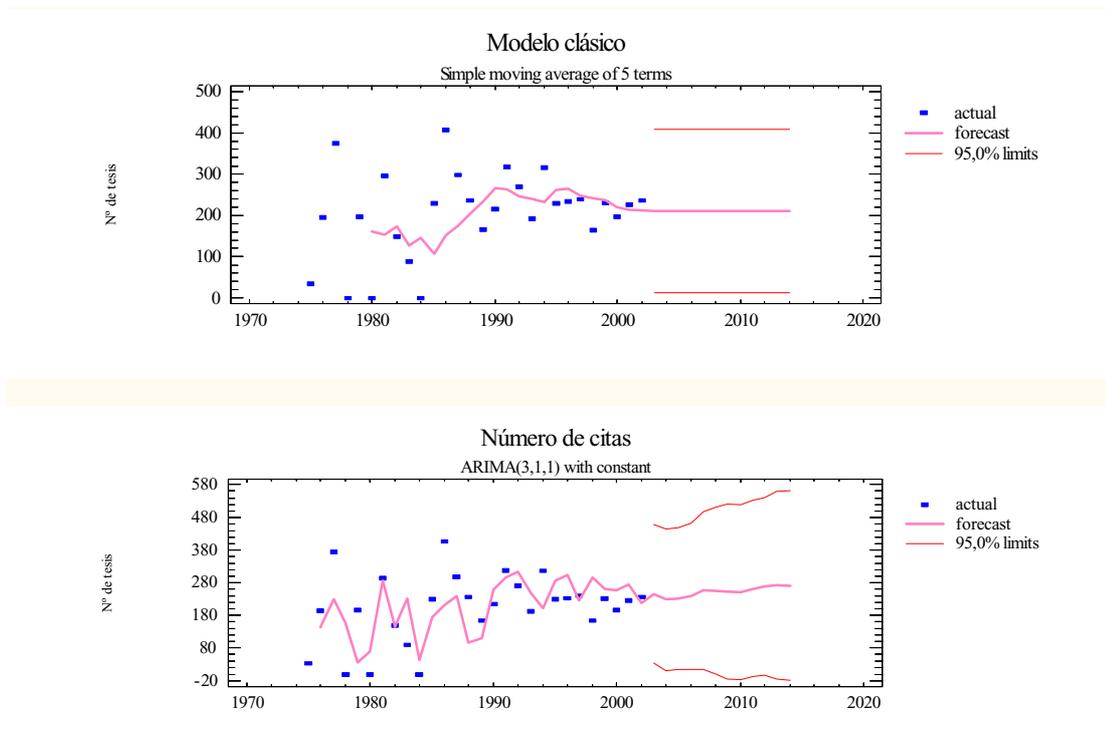


Figura 28. Modelo gráfico Clásico y ARIMA del número promedio de citas, según años.

La gráfica de ajustes testimonia como el patrón de número de citas anuales-promedio se estabiliza y la variabilidad se va reduciendo.

### **B. Pronósticos.**

El modelo de media móvil de 5 términos determina estos pronósticos, en relación al número de citas:

Tabla 31. Valores-pronóstico del número de citas

<b>Pronósticos</b>	<b>Número de citas</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	210	13	408
2004	210	13	408
2005	210	13	408
2006	210	13	408
2007	210	13	408
2008	210	13	408
2009	210	13	408

Como podemos observar, este modelo determina “como una realidad perfecta” que el número de referencias bibliográficas va a continuar ajustándose a la media determinada anteriormente; pronosticando, para los próximos 7 años siguientes, un valor constante de 210 referencias bibliográficas, de promedio anual. Los límites superior (caso más optimista) e inferior (caso más pesimista) se situarían en un valor promedio de 408 citas por año y 13 citas por año, respectivamente.

#### 8.2.10. Variable 10. Evolución diacrónica del idioma de las citas.

El estudio por áreas lingüísticas de las citas permitirá determinar la primacía de un idioma con respecto a los demás, es decir, el grado de utilización de un idioma a lo largo de los años de estudio.

En este caso, los idiomas considerados han sido: español, inglés, francés y una categoría miscelánea de otros.

Tabla 32. Desarrollo diacrónico anual del idioma de las citas (valor promedio)

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Español</i>	13								
<i>Inglés</i>	17								
<i>Francés</i>	4								
<i>Otros</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Español</i>	129	27	-	149	-	176	48	64	-
<i>Inglés</i>	63	329	-	34	-	60	102	8	-
<i>Francés</i>	10	20	-	12	-	36	28	10	-
<i>Otros</i>	2	1	-	2	-	24	7	7	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Español</i>	51	189	161	64	89	69	88	62	80
<i>Inglés</i>	175	204	115	134	65	132	211	191	108
<i>Francés</i>	3	7	19	6	11	8	18	14	16
<i>Otros</i>	1	2	4	2	0	6	3	3	1
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Español</i>	65	84	97	84	60	102	71	81	114
<i>Inglés</i>	169	134	122	138	95	88	94	126	103
<i>Francés</i>	14	11	12	13	7	10	15	4	10
<i>Otros</i>	4	1	3	4	2	29	2	8	11

Las medias totales del número de citas anuales según idiomas son:

- Citas en español: 79 citas
- Citas en inglés: 108 citas
- Citas en francés: 11 citas
- Citas en otros idiomas: 5 citas

Estos resultados señalan al inglés como el idioma mayoritariamente citado, con una media global de 108 citas en todo el periodo de análisis, seguido del español con 79 citas. Los restantes idiomas de las citas son utilizados de manera muy ocasional, ocupando por tanto, la bibliografía escrita en estos idiomas un segundo plano de consulta y referencia.

Otro de los contrastes que se realizan, a cada una de las distribuciones de los idiomas utilizados en las referencias bibliográficas cuantificadas, es un análisis de la

varianza con la intencionalidad de establecer si han existido diferencias significativas en el número de citas emitidas a lo largo del periodo 1975-2002, según el idioma en que se enuncian.

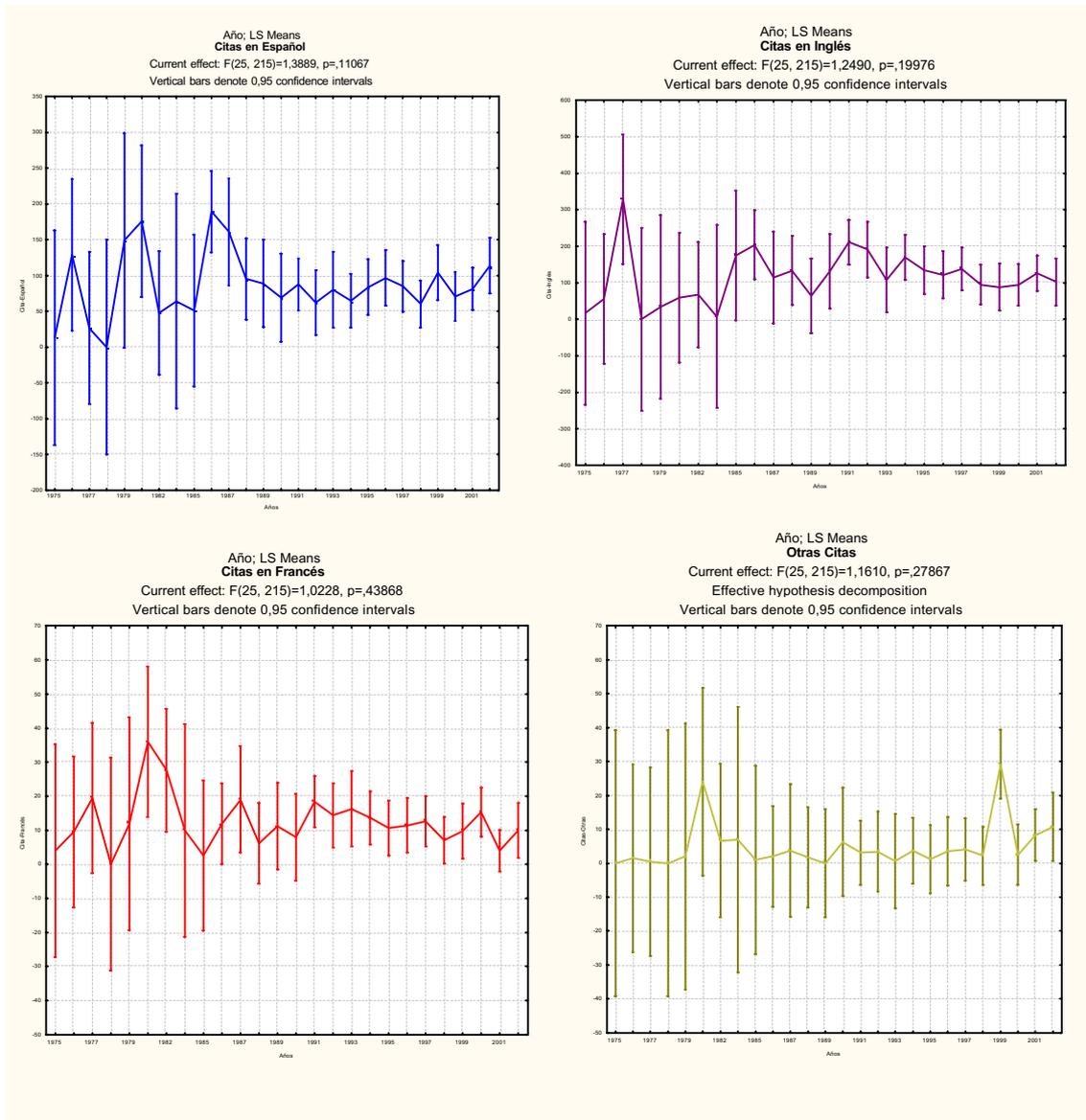


Figura 29. Análisis de la varianza de los idiomas de las citas por años.

Un análisis de varianza determina que en ninguno de los idiomas se han producido diferencias estadísticamente significativas en torno al número de citas realizadas, dando como valor de probabilidad asociado en cada contraste un valor siempre superior a  $p = 0,05$ . Este hallazgo conduce a inferir que existe un patrón de citación tradicional y casi determinista, que ha sido constante a lo largo de los años pese

a la variabilidad que observamos en la figura 29; siendo tal variabilidad explicada por el azar.

Además de conocer la existencia de unos patrones de citación de los diferentes idiomas, se realiza un estudio para conocer en qué momento un idioma deja de ser mayoritariamente utilizado frente a otro.

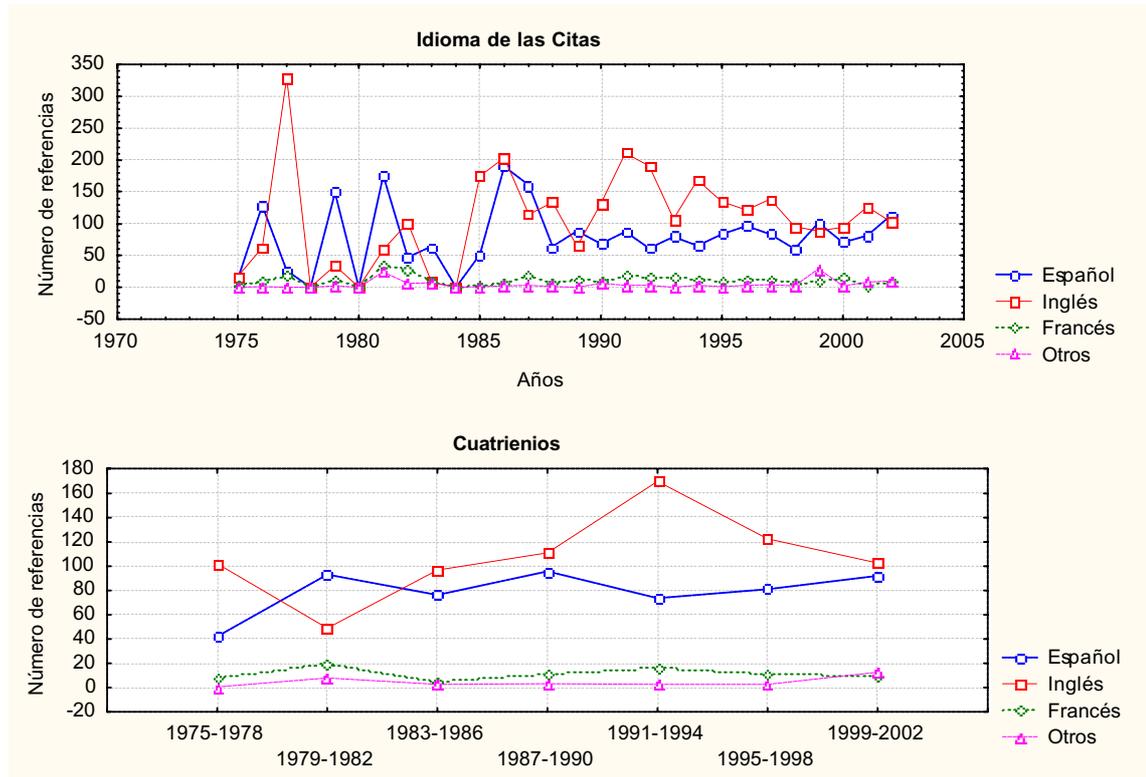


Figura 30. Análisis diacrónico del idioma de las citas (1975-2002).

Al estudiar la evolución de los idiomas de las referencias bibliográficas, observamos la consolidación de dos grandes idiomas: el español y el inglés, frente a otros minoritarios como podría ser el francés.

En el caso del inglés, éste se ha convertido en el idioma mayoritariamente utilizado a lo largo del tiempo, ratificando los estudios realizados por Watson, quien ya en el año 1986 expresaba que el idioma internacional científico (*lingua franca*) era el inglés, agregando que los artículos escritos en inglés tenían un factor de impacto mayor que los escritos en cualquier otro idioma.

Este hecho no significa que, a pesar de que el inglés sea la lengua más utilizada, se vaya a producir, de manera paulatina, un mayor uso de este idioma; pues como comprobamos anteriormente, el índice de referenciación no ha variado a lo largo de este periodo analizado.

### A. Ajuste.

El ajuste de la distribución de las referencias bibliográficas en español nos determina:

- A. ARIMA (5,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 79,04
- C. Tendencia lineal:  $-1953,76 + 1,02 t$
- D. Media móvil simple de 7 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,05$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2100,44	29,2196		-1,70816	
(B)	2476,9	36,7		2,25851E-14	
(C)	2498,73	35,7443		8,95791E-14	
(D)	1602,71	27,9891		1,1034	
(E)	2610,69	37,5079		-1,95545	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	45,8306	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	49,7685	OK	*	OK	OK	***
(C)	49,9873	OK	**	OK	OK	***
(D)	40,0339	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	51,0949	OK	*	OK	OK	***

El mejor ajuste se establece a un modelo clásico de media móvil de 7 términos, y al modelo ARIMA (5,1,1) con ajuste matemático Box-Cox. En este caso seleccionaríamos el modelo clásico por tener un error MSE menor que el ARIMA. Tal modelo nos aportaría la información de una vinculación de las citas durante un periodo de 7 años.

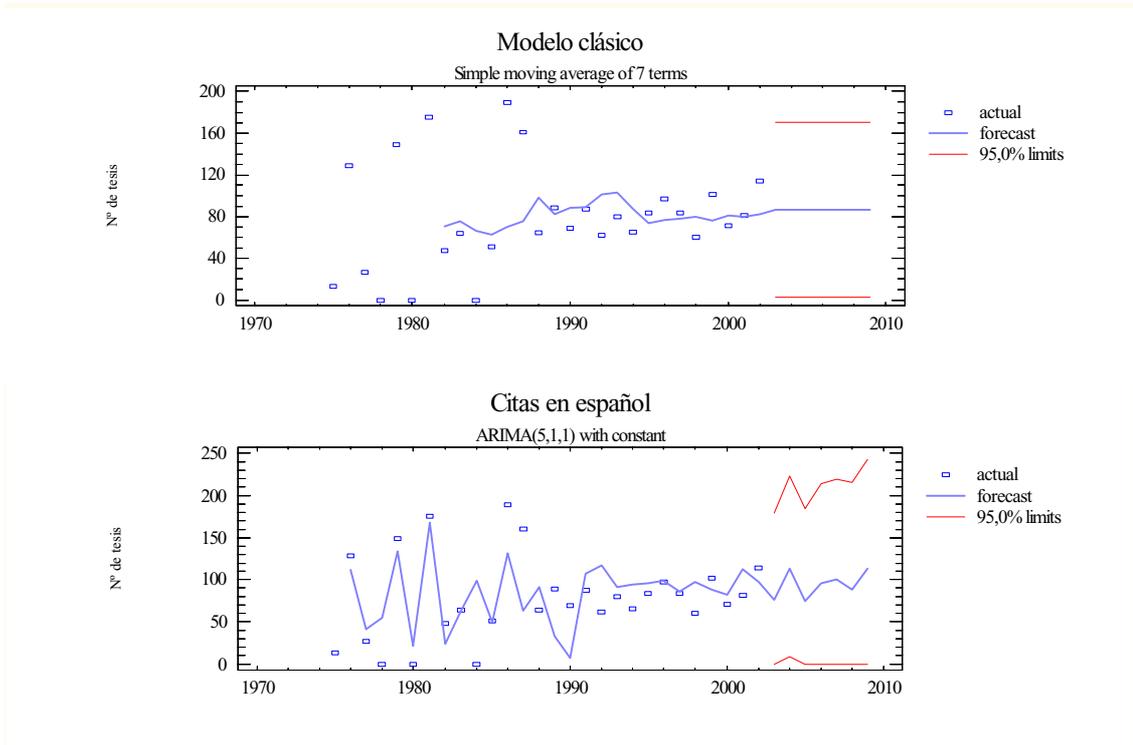


Figura 31. Modelo gráfico Clásico y ARIMA de las referencias en español.

El caso de las referencias bibliográficas en inglés, el ajuste a los modelos seleccionados nos determina que:

- A. ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 107,6
- C. Tendencia lineal:  $-4304,0 + 2,22 t$
- D. Media móvil simple de 6 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,00$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6383,54	52,3103		15,6278	
(B)	5655,52	55,6786		4,56777E-15	
(C)	5527,18	52,5759		5,8366E-14	
(D)	3156,83	42,6621		6,95303	
(E)	5682,84	55,6747		5,09337	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	79,8971	OK	OK	OK	OK	***
(B)	75,2032	OK	**	OK	OK	***
(C)	74,345	OK	OK	OK	OK	**
(D)	56,1857	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	75,3846	OK	**	OK	OK	***

En relación a las referencias en inglés, el mejor ajuste es también al modelo de media móvil, pero en este caso, de 6 términos; y como modelo ARIMA, el modelo (1,1,1) con ajuste de Box-Cox. En el caso de las citas en inglés, las variaciones producidas en un año sólo afectarían a los 6 años próximos.

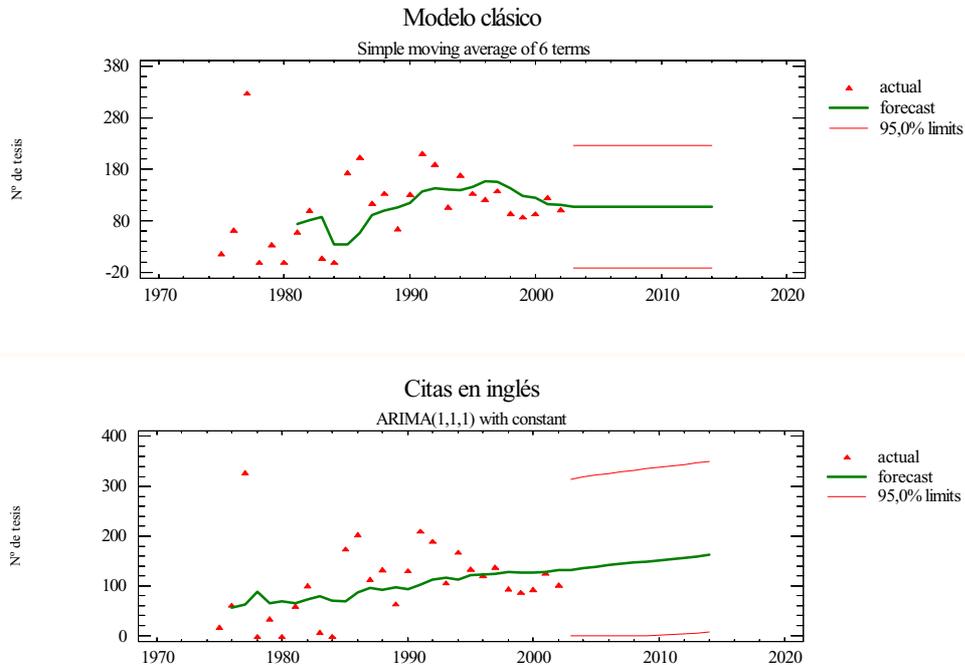


Figura 32. Modelo gráfico Clásico y ARIMA de las referencias en inglés.

## B. Pronósticos.

Determinados que los mejores modelos de ajuste son, el de media móvil de 7 términos, en el caso de de las referencias bibliográficas en español; y de 6 términos para las de inglés. Los pronósticos serían:

Tabla 33. Valores-pronósticos de las citas en español e inglés

Pronósticos	Citas		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Español	Inglés				
2003	87	107	3	0	170	226
2004	87	107	3	0	170	226
2005	87	107	3	0	170	226
2006	87	107	3	0	170	226
2007	87	107	3	0	170	226
2008	87	107	3	0	170	226
2009	87	107	3	0	170	226

Estos valores vuelven a ratificar el patrón constante de citación referente al número de citas según idioma; pronosticando que en los próximos 7 años se referenciarán un total de 87 citas en español y 107 en inglés. Y por tanto, negar ese “supuesto infundado” del dominio progresivo del inglés para el ámbito de la ciencia, por lo menos en el campo de la Educación Matemática. Antes bien, tal dominio se mantendrá constante sin una tendencia manifiesta de superioridad progresiva del inglés sobre el español.

8.2.11. Variable 11. Evaluación diacrónica del idioma de las revistas.

Otra de las finalidades del estudio de los idiomas de las referencias bibliográficas es determinar el grado de utilización de una publicación, en este caso de las revistas científicas, según el idioma en que está escrita.

Tabla 34. Desarrollo diacrónico anual del idioma de las revistas (valores promedio)

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Español</i>	1								
<i>Inglés</i>	11								
<i>Francés</i>	3								
<i>Otros</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Español</i>	9	4	-	106	-	38	10	22	-
<i>Inglés</i>	1	249	-	5	-	14	47	-	-
<i>Francés</i>	1	8	-	1	-	9	21	3	-
<i>Otros</i>	1	1	-	-	-	17	2	2	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Español</i>	6	39	31	31	22	16	13	18	25
<i>Inglés</i>	95	99	23	59	23	83	95	94	39
<i>Francés</i>	2	2	11	2	7	2	6	5	6
<i>Otros</i>	1	-	1	-	-	2	1	1	1
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Español</i>	7	13	19	15	9	14	12	16	16
<i>Inglés</i>	88	64	47	54	36	38	47	55	39
<i>Francés</i>	4	5	4	4	3	2	5	1	4
<i>Otros</i>	2	1	2	6	1	7	1	2	3

Las medias totales del número de citas anuales de las revistas según idiomas son:

Citas en español: 18 citas

Citas en francés: 4 citas

Citas en inglés: 50 citas

Citas en otros idiomas: 2 citas

En este caso las conclusiones que se extraen son las mismas que en el caso de la variable de idioma de las citas, apareciendo el inglés como idioma más citado o referenciado.

Antes de analizar los resultados longitudinales obtenidos, se realiza un ANOVA para determinar la existencia de un patrón fijo en la citación de un mismo número de revistas, según los diferentes idiomas.

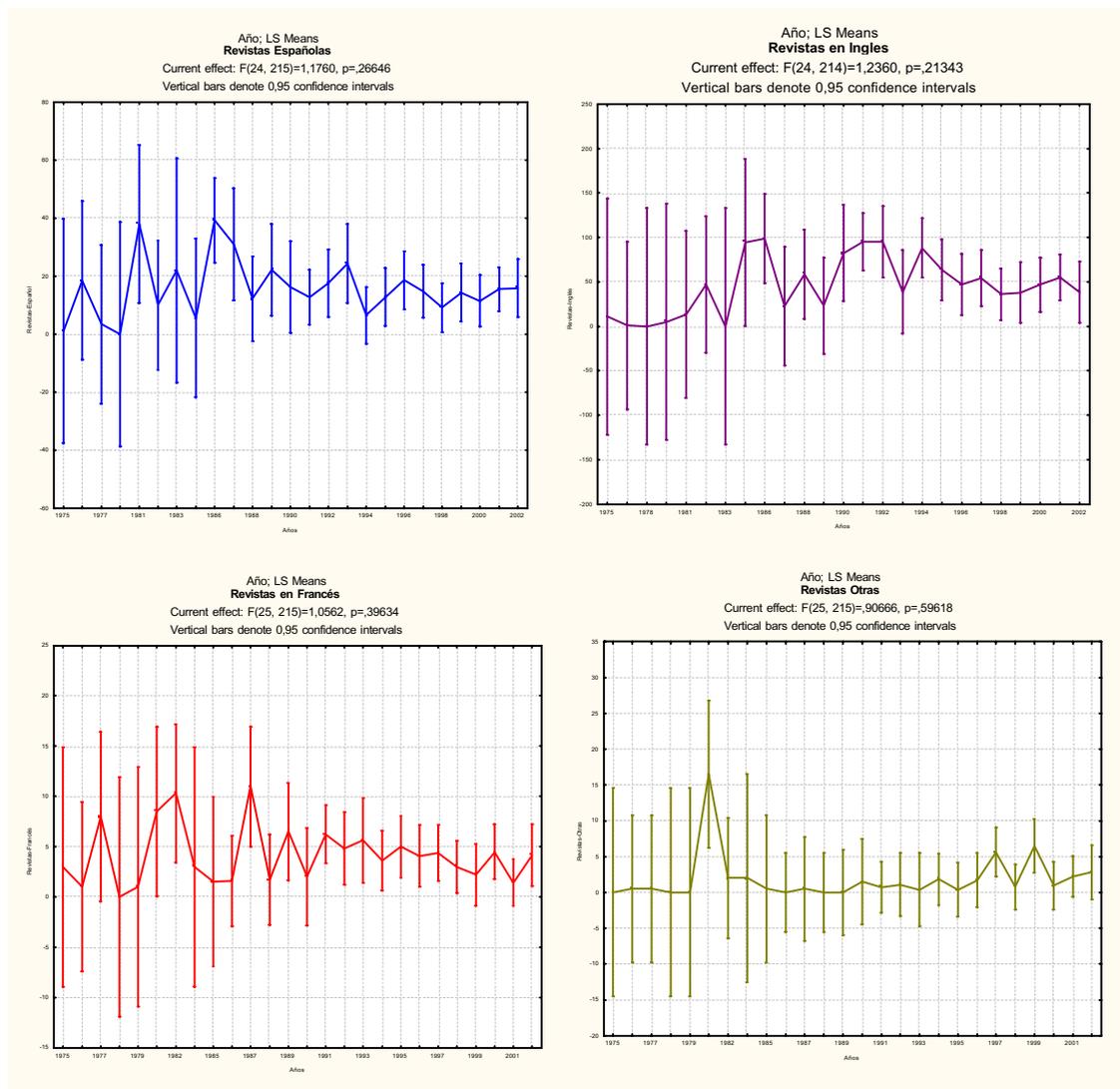


Figura 33. Análisis de la varianza del idioma de las revistas.

En este caso, se vuelve a ratificar que en los idiomas analizados se ha referenciado un número similar de revistas, y que las fluctuaciones anuales producidas son producto del azar ( $p = 0,05$ ).

Destacar que este patrón fijo establecido no se ratifica en el caso de las revistas en español, en el año 1979, y en las revistas en inglés, en el año 1977; considerándose estos años *outliers*<sup>7</sup> o islotes. En estos dos años, la referenciación de revistas ha tenido un comportamiento disparejo con respecto a los demás años del periodo analizado.

El análisis del idioma de las revistas determina que existen diferencias extremas entre el inglés, idioma mayoritario, y el resto de los idiomas estudiados; siendo las revistas en inglés las más referenciadas a lo largo de todo el periodo de tiempo. Únicamente dos tesis leídas en el año 1979 y en el año 1987, realizan más referencias de revistas en español que en inglés.

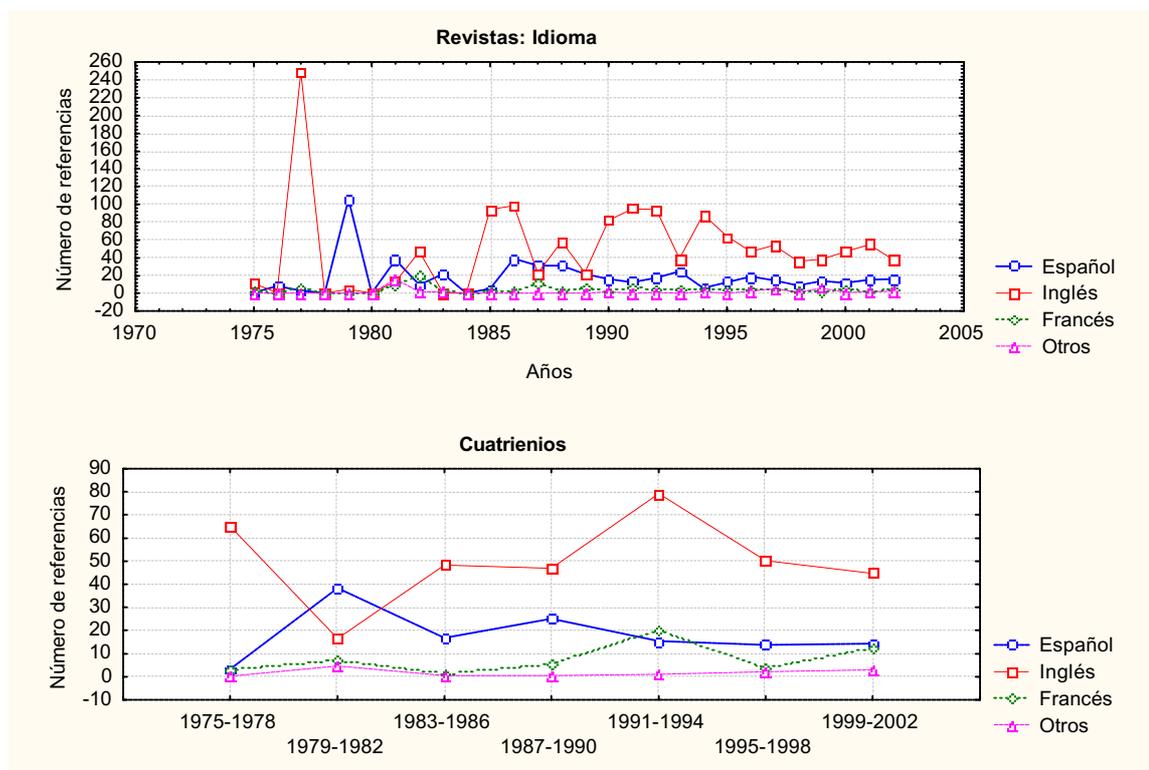


Figura 34. Análisis diacrónico del idioma de las revistas (1975-2002).

<sup>7</sup> Término estadístico también denominado “ruido”. Un *outlier* es una observación, la cual no corresponde al fenómeno estudiado, pudiendo tener su origen en antecedentes o en una amplia medida (error). En la práctica, los muestreos de datos, casi todos experimentales, están sujetos a la contaminación desde los *outliers*, hecho que reduce la verdadera eficiencia de métodos estadísticos, teóricamente óptimos. AFS (2002)

Asimismo, se pone de manifiesto que las revistas en inglés son las mayoritariamente consultadas y, posteriormente referenciadas, en el ámbito de la investigación en Educación Matemática. Dato concordante con el resultado que analizaremos en la siguiente variable, en la que se determina que el *Journal for Research in Mathematics Education* y la Revista *Educational Studies in Mathematics* son las más referenciadas.

### A. Ajuste.

El ajuste de las revistas en español sería:

- A. ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 18,16
- C. Tendencia lineal:  $468,92 + -0,23 t$
- D. Media móvil simple de 8 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,00$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	372,763	10,9614		1,2775	
(B)	412,662	12,111		1,20538E-15	
(C)	424,923	11,9551		-8,18393E-15	
(D)	91,2885	6,68188		-2,48063	
(E)	417,952	11,4595		2,19614	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	19,3071	OK	OK	OK	OK	***
(B)	20,3141	OK	OK	OK	OK	***
(C)	20,6137	OK	OK	OK	OK	***
(D)	9,5545	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	20,4439	OK	OK	OK	OK	***

Para las revistas en español, el mejor ajuste, con gran contraste, sería al modelo clásico de media móvil de 8 términos. El mejor ARIMA sería el modelo (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox. Este modelo de media móvil de 8 términos determinaría que una variación en un año afectaría a los 8 años posteriores, es decir, que las características referentes a un determinado año están relacionadas con los 8 años anteriores. La representación gráfica de estos modelos de ajuste corresponde a la siguiente figura.

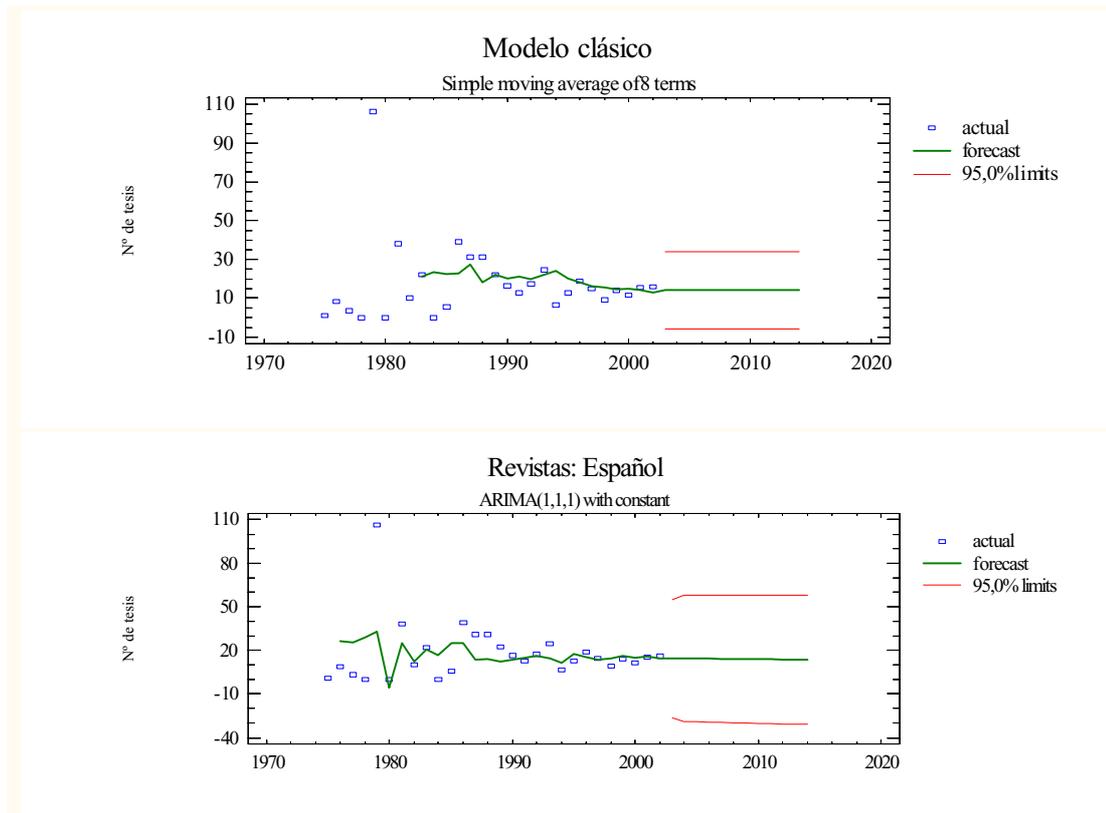


Figura 35. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del idioma de las revistas.

El ajuste de las revistas en inglés establecería que:

- A. ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 50,14
- C. Tendencia lineal:  $-1000,49 + 0,53 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,02$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2946,81	33,3945		7,54507	
(B)	2597,59	34,4862		8,62802E-15	
(C)	2677,88	33,8275		5,88735E-14	
(D)	1088,91	26,7861		-1,02435	
(E)	2676,2	33,8534		6,52834	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	54,2846	OK	OK	OK	OK	***
(B)	50,9665	OK	OK	OK	OK	***
(C)	51,7482	OK	OK	OK	OK	***
(D)	32,9986	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	51,732	OK	OK	OK	OK	***

El único modelo que ratifica todos los tests de este análisis es el modelo clásico de media móvil de 5 términos, estableciéndose entre los años una vinculación de periodos de 5 años.

Como ajustes menos eficaces serían el modelo de media constante, el de tendencia lineal, entre otros. En este caso el modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste de Box-Cox sería el modelo que realiza en peor ajuste a la distribución dada.

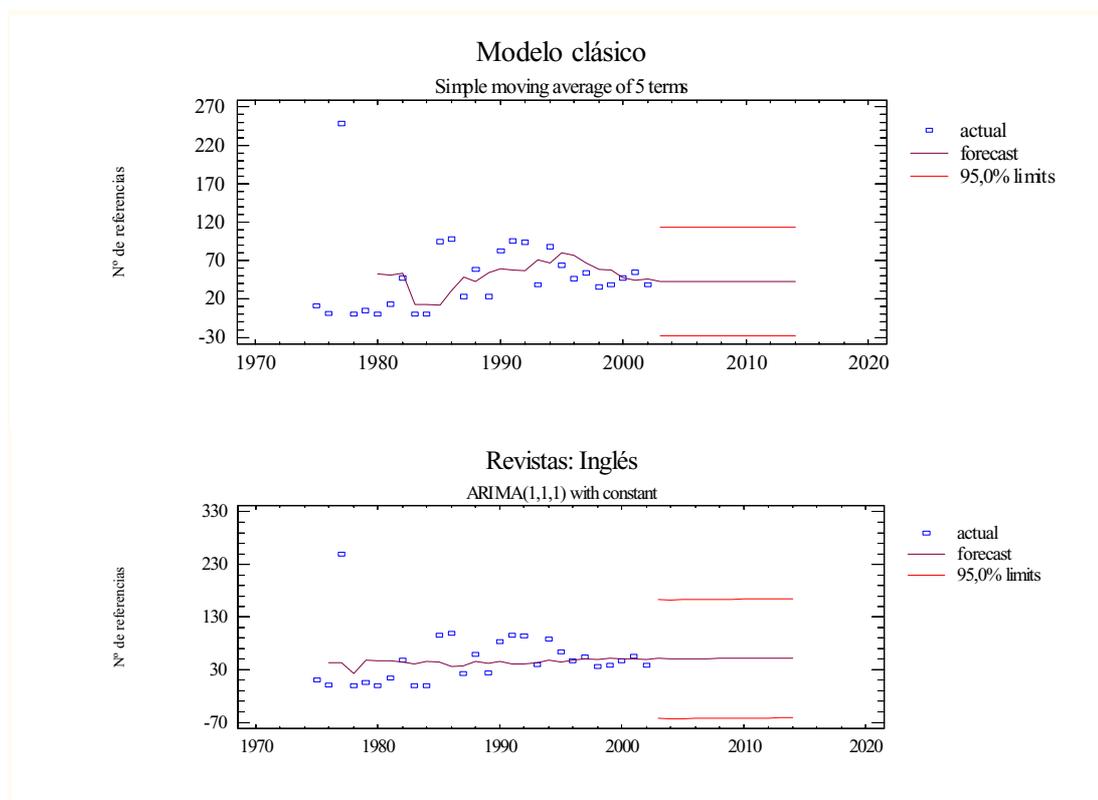


Figura 36. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas en inglés.

Del ajuste realizado, el cual determina que las revistas en inglés tengan una media móvil de 5 términos y la de español de 8 términos, podemos conjeturar que las revistas en inglés tienen una información con mayor índice de inmediatez, con una bibliografía que guarda un periodo de vigencia 5 años; mientras que las revistas en español este periodo sería más amplio, y por tanto estaríamos hablando de una bibliografía más dilatada en el tiempo y probablemente quizás más generalista.

## B. Pronósticos.

El modelo óptimo de ajuste, en este caso el modelo clásico de media móvil de 5 términos, determina que el número de citas para revistas en español e inglés para el próximo periodo 2003-2009, serán los siguientes:

Tabla 35. Valores-pronósticos de las revistas en español e inglés

Pronósticos	Revistas		Límite inferior		Límite superior	
	Español	Inglés	95,0%		95,0%	
2003	14	43	0	0	34	113
2004	14	43	0	0	34	113
2005	14	43	0	0	34	113
2006	14	43	0	0	34	113
2007	14	43	0	0	34	113
2008	14	43	0	0	34	113
2009	14	43	0	0	34	113

Los valores-pronósticos de las revistas en español establecen que el patrón de citación continuará constante a lo largo de los próximos 7 años, concretamente se referenciarían 14 revistas en español anualmente; en el caso de las revistas en inglés, este valor aumentaría hasta 43 revistas; manteniéndose la predominancia de las revista en inglés frente a las de español.

Este hallazgo expone que la literatura que más se consulta está en revistas escritas en lengua inglesa y, dado que la investigación en revistas suele ser más inmediata, más reciente, habrá que pensar que la bibliografía de investigación, contenida en revistas vendrá expresada por tanto en inglés.

### 8.2.12. Variable 12. Evolución diacrónica de las revistas más citadas.

El estudio de cuáles son las revistas más consultadas que sirven como referente para la investigación en Educación Matemática es una información que nos parece de fundamental interés. Es por ello por lo que con este variable pretendemos señalar las revistas científicas más citadas en la bibliografía de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática.

Tabla 36. Revistas más citadas

Revistas	Frecuencia
Journal for Research in Mathematics Education	106
Educational Studies in Mathematics	96
Recherches en Didactique des Mathématiques	52
For the Learning of Mathematics	35
Arithmetics Teacher	35
Mathematics Teacher	30
Infancia y Aprendizaje	27
Enseñanza de las Ciencias	25
Child Development	23
Cuadernos de Pedagogía	22
UNO	22

Como comentamos anteriormente las revistas más citadas han sido el *Journal for Research in Mathematics Education*, referenciada en 106 tesis doctorales y el *Educational Studies in Mathematics*, referenciada en 96 tesis doctorales. Como tercera revista más referenciada destaca una revista de lengua no inglesa, la revista francesa *Recherches en Didactique des Mathématiques*, referenciadas en 52 tesis doctorales. También destacar la aparición, dentro de las revistas más citadas, de la revista UNO como revista propia de este área de conocimiento en España.

Estos hallazgos difieren del alcanzado en el estudio de Torralbo (2001) en el que se estableció que la revista más citada era el *Educational Studies in Mathematics* (57 tesis) frente a el *Journal for Research in Mathematics Education* (54 tesis). Tal dato destaca el gran uso de esta última revista en un periodo de tiempo tan corto y, dado que es una revista eminentemente especializada en Educación Matemática, hemos de pensar que las tesis doctorales en Educación Matemática se van especializando cada vez más. Bien podríamos afirmar que el *Journal for Research in Mathematics Education* y *Educational Studies in Mathematics* constituyen las revistas nucleares, según la conceptualización de Bradford, que nutren de información al campo de la Educación Matemática.

Este análisis transversal ha aportado una visión de cuáles han sido las revistas más citadas a lo largo de estos últimos 27 años, pero la realidad es que su presencia como fuentes de referencia para las tesis doctorales varía según los distintos años.

A continuación se realiza un estudio longitudinal, en el que se han detallado todas las revistas citadas, agrupándolas en las siguientes categorías:

- *Revistas Propias Generalistas (RPG)*: Agrupa todas las revistas escritas en castellano y en otras lenguas ibéricas (por ejemplo el portugués), del campo de la Pedagogía general.

- *Revistas Propias Especialistas (RPE)*: Revistas escritas en español o lenguas ibéricas, y relacionadas con algún tipo de disciplina con intereses en el campo de la Educación. Revistas relacionadas con las didácticas especiales.

- *Revistas Externas Generalistas (REG)*: Revistas no escritas en español ni lenguas ibéricas del campo de la Pedagogía general.

- *Revistas Externas Especialistas (REE)*: Revistas no escritas en español ni lenguas ibéricas relacionadas con algún tipo de disciplina con intereses en el campo de la Educación (didácticas especiales).

Tabla 37. Desarrollo diacrónico anual de la citación de revistas (valores promedio)

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>R. P. G.</i>	-								
<i>R. P. E.</i>	-								
<i>R. E. G.</i>	-								
<i>R. E. E.</i>	2								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>R. P. G.</i>	4	-	-	5	-	3	5	3	-
<i>R. P. E.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. E. G.</i>	-	8	-	-	-	-	14	-	-
<i>R. E. E.</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>R. P. G.</i>	3	12	7	6	8	11	8	7	10
<i>R. P. E.</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>R. E. G.</i>	5	13	3	10	6	11	26	24	4
<i>R. E. E.</i>	3	6	4	4	5	6	26	17	18
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>R. P. G.</i>	3	7	13	13	13	10	11	17	8
<i>R. P. E.</i>	-	1	4	1	1	8	6	11	8
<i>R. E. G.</i>	22	18	18	23	23	14	20	29	8
<i>R. E. E.</i>	28	28	32	38	43	25	37	44	31

Las medias totales del número de citas de cada una de las revistas (generalistas y especialistas) son:

- Revistas Propias Generalistas: 7 citas
- Revistas Propias Especialistas: 2 citas
- Revistas Externas Generalistas: 11 citas
- Revistas Externas Especialistas: 14 citas

Además de este análisis transversal, hay que ratificar el uso mayoritario de revistas externas, tanto especialistas como generalistas, en la investigación en Educación Matemática; especialmente las revistas externas especialistas son más utilizadas que las de corte generalista y así se ha demostrado con la clasificación de las revistas más citadas, siendo todas ellas especialistas a excepción de la revista *Cuadernos de Pedagogía*, con carácter generalista.

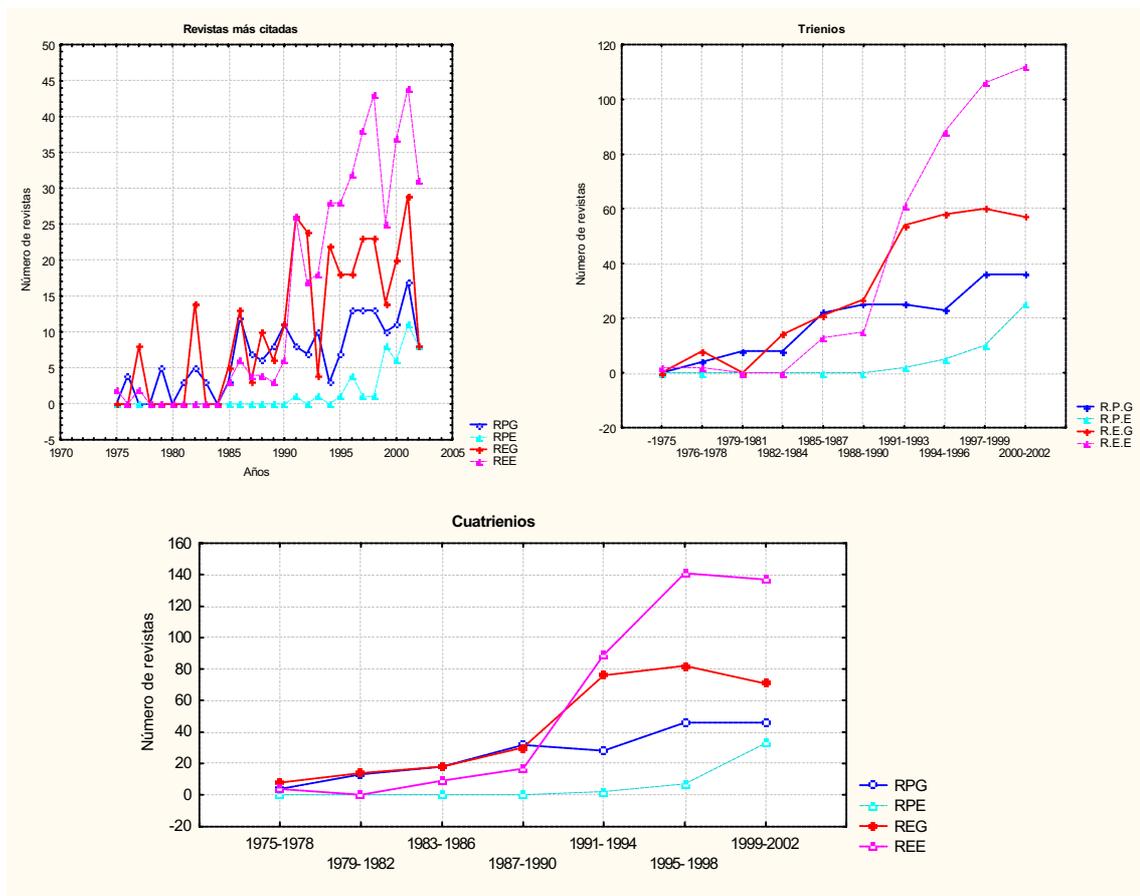


Figura 37. Análisis diacrónico de las revistas más citadas (1975-2002).

Otro de los hallazgos encontrados con este estudio (figura 37) es que en el caso de las revistas externas se citan más revistas especialistas, pero anecdóticamente con las revistas propias todavía se citan más las generalistas. Aunque es cierto que esta realidad está cambiando de manera paulatina; pues, como podemos observar, a partir de año 1999 la utilización de este tipo de revistas ha pasado de una citación a 8 citaciones, produciéndose una incipiente práctica de referenciar revistas especializadas del área, a la vez que suponemos la especialización también de las mismas revistas.

### A. Ajuste.

El ajuste a los modelos va a seguir con la misma clasificación establecida anteriormente. Por tanto, en el caso del ajuste a las revistas propias generalistas es:

- A. ARIMA (2,1,3)
- B. Media constante = 6,68
- C. Tendencia lineal:  $-899,41 + 0,46 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,33$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,93123	1,89253		-0,0671414	
(B)	22,5966	3,91582		-1,52259E-15	
(C)	8,87562	2,32653		8,12049E-15	
(D)	13,1461	2,82609		1,22609	
(E)	12,6597	2,68185		1,03947	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,81624	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,75358	OK	***	***	***	OK
(C)	2,9792	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	3,62575	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	3,55805	OK	OK	OK	OK	OK

En este caso, como podemos observar por los resultados del análisis existen cuatro tipos de modelos diferentes que ratifican los distintos tests realizados. Pero, tomando como criterio el de menor error medio cuadrático (MSE), el mejor ajuste se realiza a un modelo ARIMA (2,1,3), y como segundo mejor ajuste sería al modelo clásico de tendencia lineal  $y = -899,41 + 0,46 t$ .

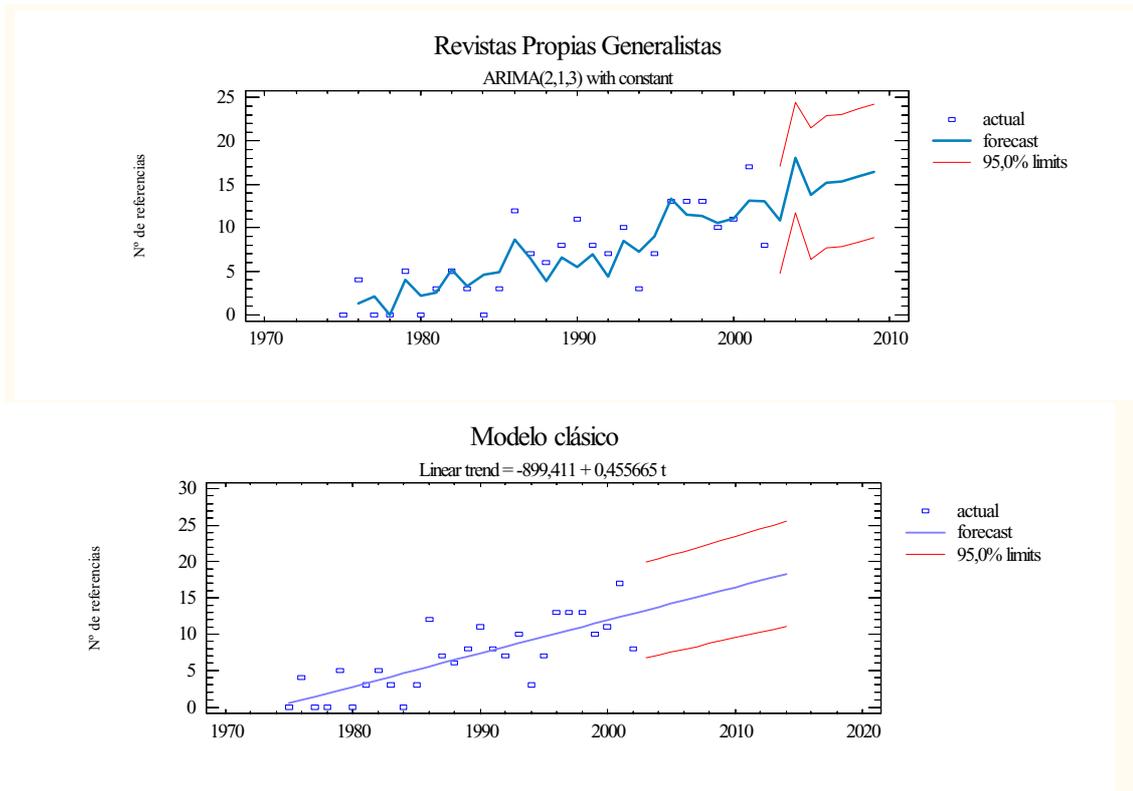


Figura 38. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas propias generalistas.

Con respecto a las revistas propias especialistas el análisis sería:

- A. ARIMA (1,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 1,5
- C. Tendencia lineal:  $-499,16 + 0,25 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,63$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,99559	0,909878		0,236285	
(B)	9,0	2,10714		0,0	
(C)	4,8916	1,69061		-6,09037E-15	
(D)	5,31652	1,13913		1,03478	
(E)	3,38206	0,824661		0,476683	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,73078	OK	OK	OK	OK	***
(B)	3,0	***		**		
(C)	2,2117	***	***	**	OK	***
(D)	2,30576	**	OK	OK		
(E)	1,83904	***	**	OK	OK	***

Que en los resultados obtenidos no se produzca un ajuste completo, y por tanto, no se verifiquen los tests realizados, es debido a que la serie temporal de las revistas propias generalistas es muy corta. Recordemos que este tipo de fuente comienza a ser citada a partir del año 1991.

A pesar de ello se realiza tal análisis; y éste determina que el mejor ajuste sería el modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste de Box-Cox. Como modelo clásico “más ajustado” sería el alisado exponencial simple con alpha 0,63.

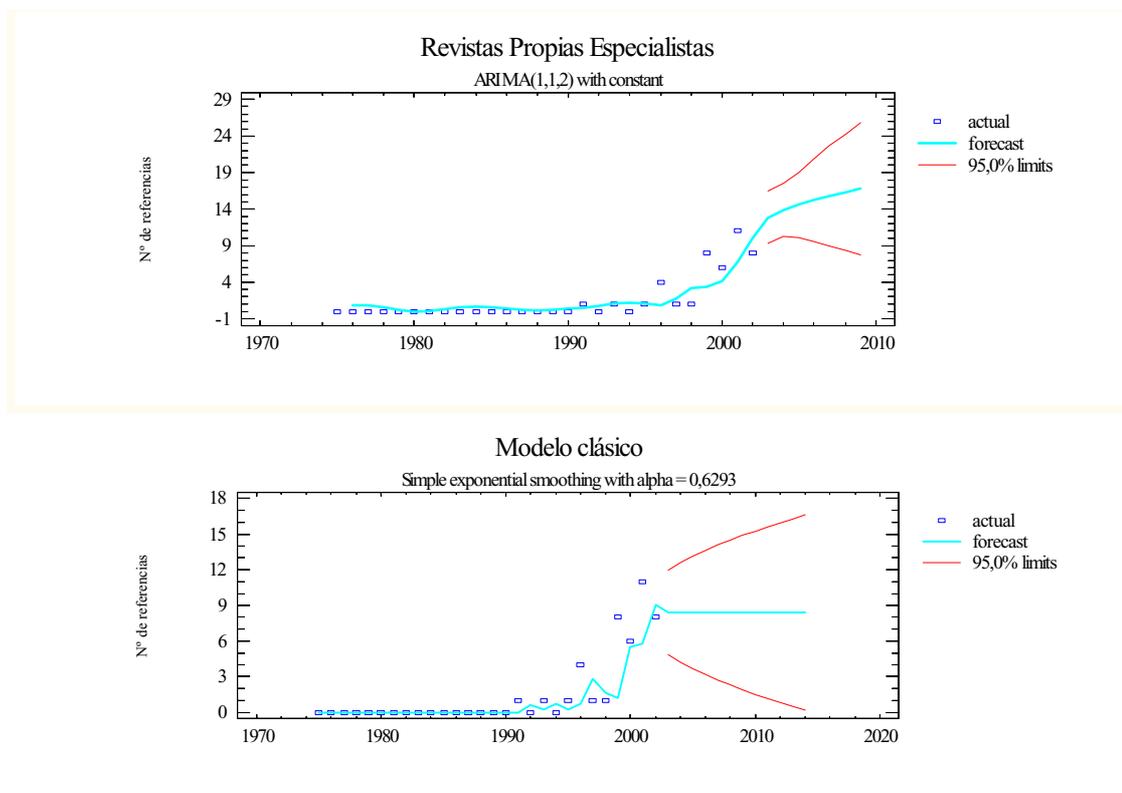


Figura 39. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas propias especialistas.

En relación a las revistas externas generalistas, el ajuste a los modelos sería:

- A. ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 10,68
- C. Tendencia lineal:  $-1707,35 + 0,86 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,29$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	55,7538	5,09728		0,837591	
(B)	92,078	8,29847		-1,39571E-15	
(C)	43,1657	5,06934		1,86771E-13	
(D)	59,8243	6,04348		2,11304	
(E)	56,6967	5,79253		1,91446	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	7,46685	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	9,59573	OK	OK	***	***	OK
(C)	6,57006	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	7,73462	OK	OK	*	OK	OK
(E)	7,52972	OK	OK	OK	OK	OK

En este caso se produce un ajuste total a tres modelos, los cuales verifican todos los supuestos requeribles: modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático Box-Cox y como modelos clásicos, el modelo de tendencia lineal  $-1707,35 + 0,86 t$  y el alisado simple exponencial con  $\alpha 0,29$ . Como modelo de mejor ajuste seleccionamos el de tendencia lineal y como segundo modelo el ARIMA; según las diferencias calculadas en el error medio cuadrático.

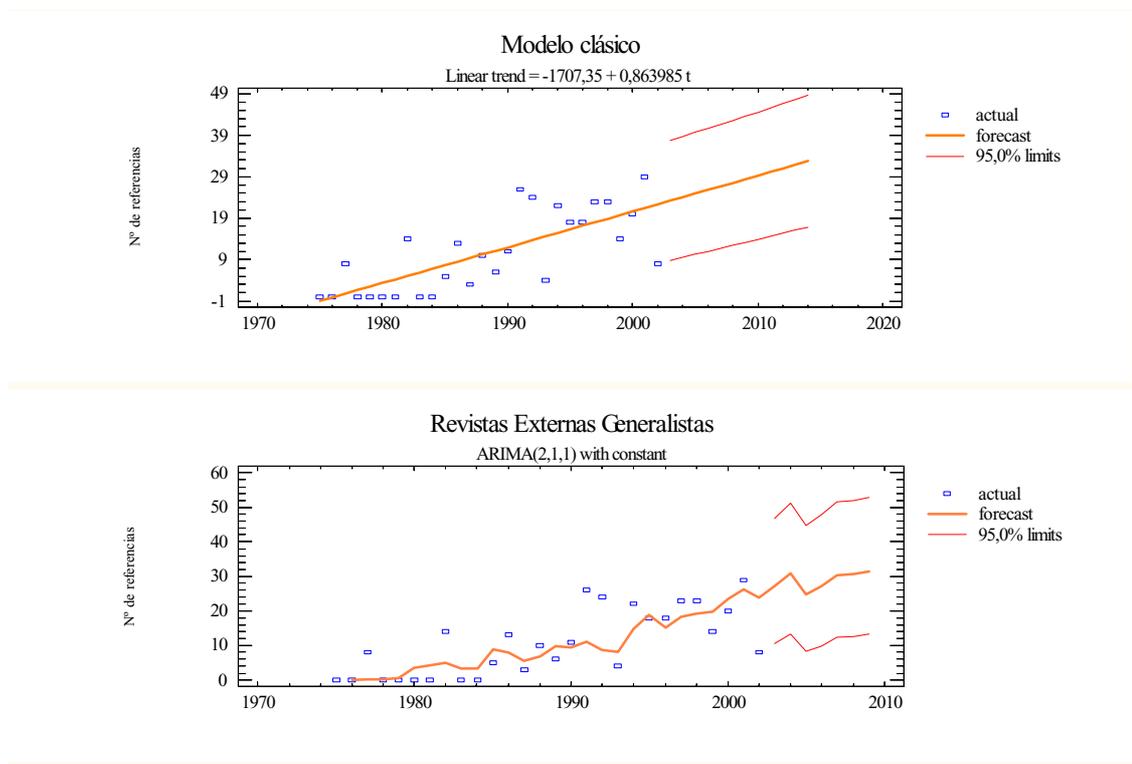


Figura 40. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas externas generalistas.

Por último, las revistas externas especialistas se ajustarían a:

- A. ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 14,25
- C. Tendencia lineal:  $-3357,06 + 1,70 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,61$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	40,8445	3,2453		0,386423	
(B)	241,676	14,0		0,0	
(C)	48,9901	5,9922		-8,12049E-14	
(D)	66,607	6,04348		4,58261	
(E)	43,6771	4,07759		1,94306	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	6,39097	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	15,5459	***	***	***	***	***
(C)	6,99929	**	**	***	OK	OK
(D)	8,16131	OK	**	OK	*	***
(E)	6,60886	**	OK	OK	OK	***

En este caso el único ajuste total, que verifica todos los tests realizados, sería el modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox, y como modelo clásico más ajustado sería el alisado simple exponencial con  $\alpha 0,61$ .

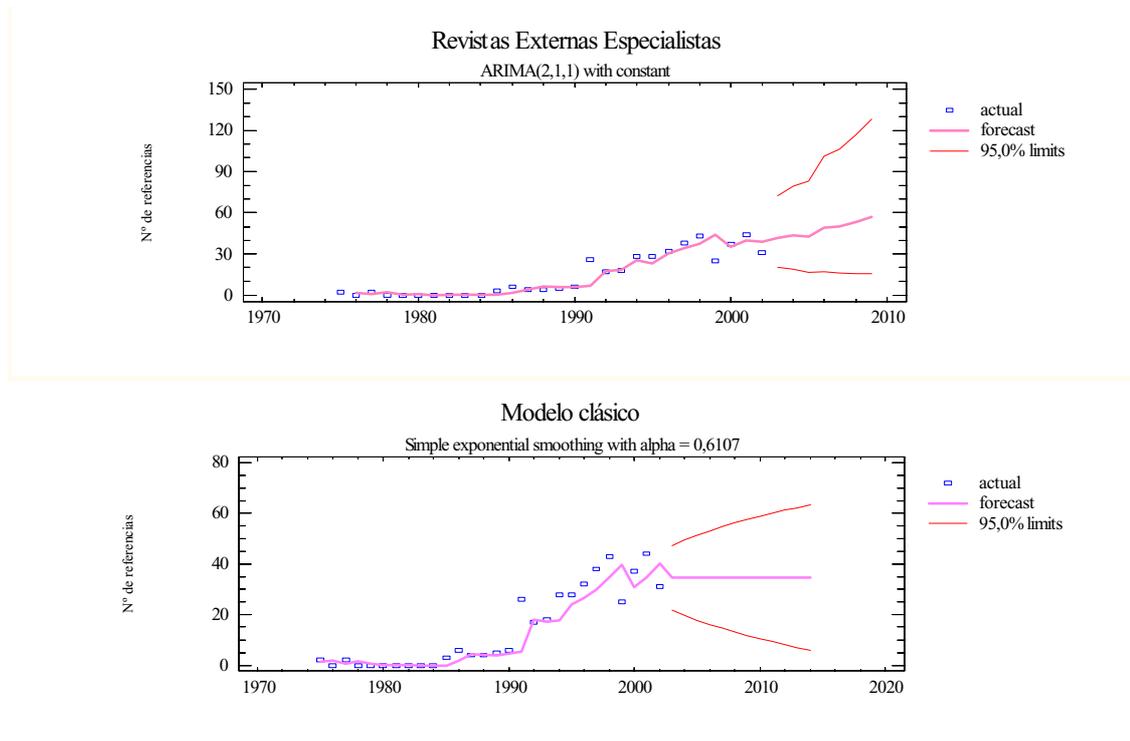


Figura 41. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas externas especialistas.

## B. Pronósticos.

Los valores-pronósticos de estas clasificaciones sobre las revistas referenciadas, se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 38. Valores-pronóstico de las revistas

Pronósticos	R.P.G	R.G.E	R.E.G	R.E.E	Límite inferior 95,0%				Límite superior 95,0%			
2003	11	14	23	42	5	8	8	20	16	19	37	75
2004	18	15	24	44	12	10	9	18	14	22	38	84
2005	14	17	25	43	7	10	10	17	21	24	39	89
2006	15	18	26	50	8	9	11	17	22	28	40	112
2007	15	19	26	51	8	9	11	16	22	31	41	119
2008	16	20	27	55	9	8	12	16	23	35	42	133
2009	16	21	28	59	9	7	13	16	23	38	43	149

Estos pronósticos obtenidos determinan que:

**Revistas Propias Generalistas:** Este tipo de fuentes tendrán un crecimiento constante, en el que no se van a producir grandes cambios. Esos pequeños aumentos anuales son debidos, más que a un crecimiento en la referenciación de este tipo de revistas, a un crecimiento en la producción de tesis.

**Revistas Propias Especialistas:** En el caso de este tipo de fuentes, si se observa un crecimiento notable, lo que determina que este tipo de literatura denominada “propia” está adquiriendo gradualmente un carácter más especializado.

**Revistas Externas Generalistas:** Al contrario que ocurre con las revistas propias generalistas, las revistas externas se prevé que seguirán siendo utilizadas de manera creciente. Tal vez este dato se deba a lo que ya comentamos de que “los artículos, por el mero hecho de estar escritos en inglés, tienen un mayor impacto, aunque sean generalistas”.

**Revistas Externas Especialistas:** El aumento de este tipo de revistas externas es más acentuado que en el caso de las revistas propias, determinando que este tipo de

fuentes especialistas serán las más citadas a lo largo de estos próximos 7 años. Este dato es confirmación de todo lo establecido con el análisis de esta variable.

8.2.13. Variable 13. Evaluación diacrónica del idioma de los libros.

Una vez analizado el caso de las revistas, se realiza el mismo tratamiento a los libros; conociendo de este modo si ambas fuentes de bibliográficas se rigen por patrones similares o, por el contrario, los libros tienen un comportamiento diferente para denotar patrón alguno en el consumo de información.

Tabla 39. Desarrollo diacrónico anual del idioma de los libros (valores promedio)

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Español</i>	12								
<i>Inglés</i>	6								
<i>Francés</i>	1								
<i>Otros</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Español</i>	105	23	-	136	-	136	34	38	-
<i>Inglés</i>	54	77	-	29	-	45	16	8	-
<i>Francés</i>	8	11	-	10	-	27	17	7	-
<i>Otros</i>	1	-	-	1	-	8	5	5	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Español</i>	45	129	122	69	63	47	62	44	46
<i>Inglés</i>	73	79	85	49	26	38	82	76	54
<i>Francés</i>	1	10	7	3	5	4	10	8	6
<i>Otros</i>	1	2	3	2	-	3	2	2	1
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Español</i>	54	63	67	61	38	69	54	53	85
<i>Inglés</i>	70	57	63	64	47	44	39	50	56
<i>Francés</i>	9	4	5	6	7	7	7	2	4
<i>Otros</i>	2	1	2	2	1	18	1	5	6

Antes de considerar los resultados de la tabla siguiente, se realiza un análisis de la varianza para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el número de referencias efectuadas según idioma a lo largo del periodo temporal considerado.

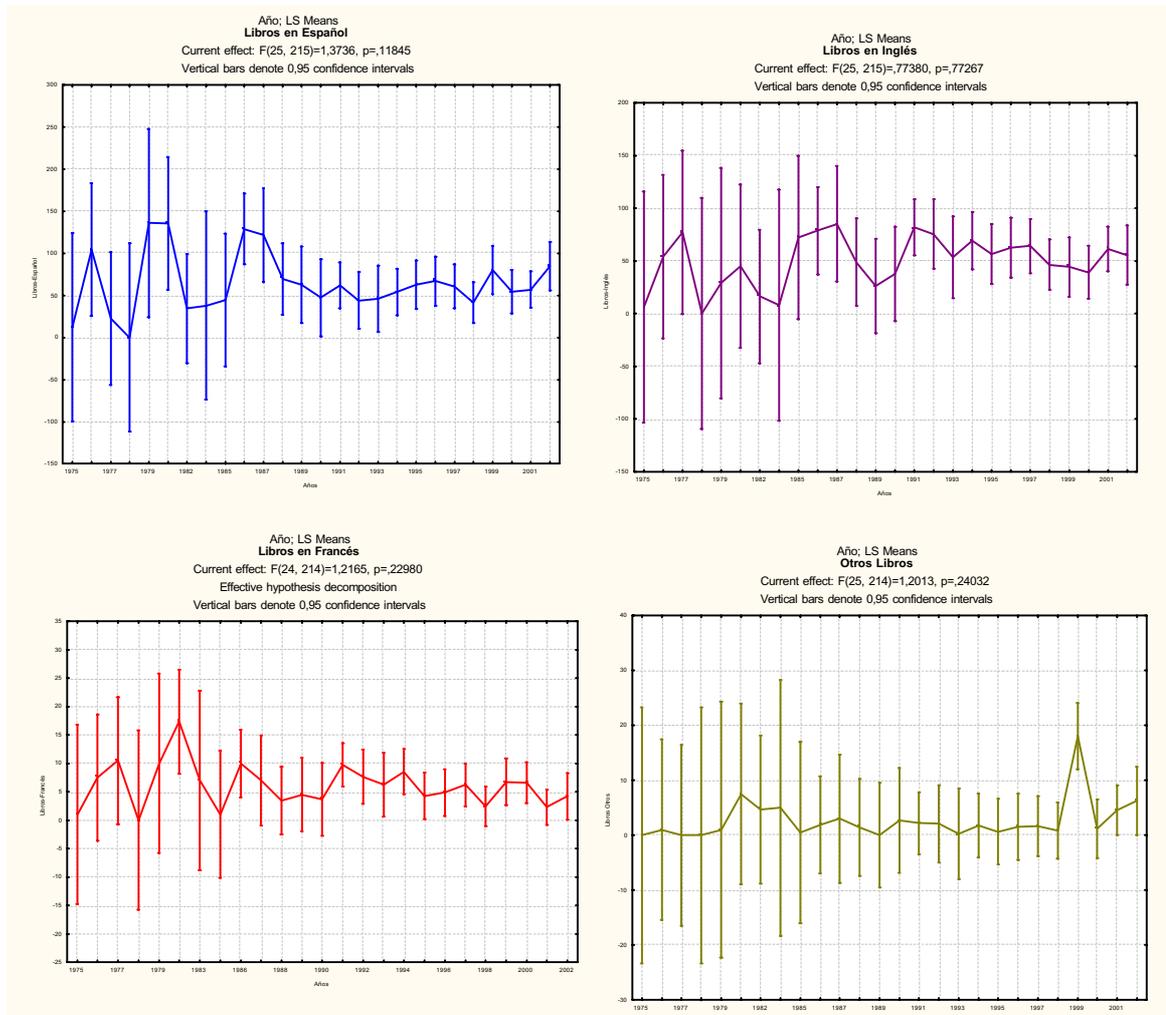


Figura 42. Análisis de la varianza del idioma de los libros por años.

El análisis de la varianza para las cuatro distribuciones determina que no existen diferencias estadísticamente significativas con respecto al número de referencias a libros, según idiomas. En todos los ANOVAS realizados el valor de  $p$  es superior a 0,05.

En el caso de los libros en francés se detectó un *outlier* perteneciente al año 1981, produciéndose un mayor número de referencias que en otros años (27). Otro islo

se detecta en la categoría de otros idiomas, perteneciente al año 1999, donde se realizó un promedio inusual de 18 referencias bibliográficas.

Como cómputo global, las medias para todo el periodo según idioma de los libros citados son:

- Libros en español: 59 citas
- Libros en inglés: 46 citas
- Libros en francés: 7 citas
- Libros en otros idiomas: 3 citas

Estos datos determinan, como en este caso el español es el idioma mayoritariamente utilizado para la consulta de este tipo de fuentes. Y con una frecuencia relativamente menor el inglés. Los libros en francés y otros idiomas parecen ser consultados en un menor grado, siendo referenciados con muy escasa frecuencia.

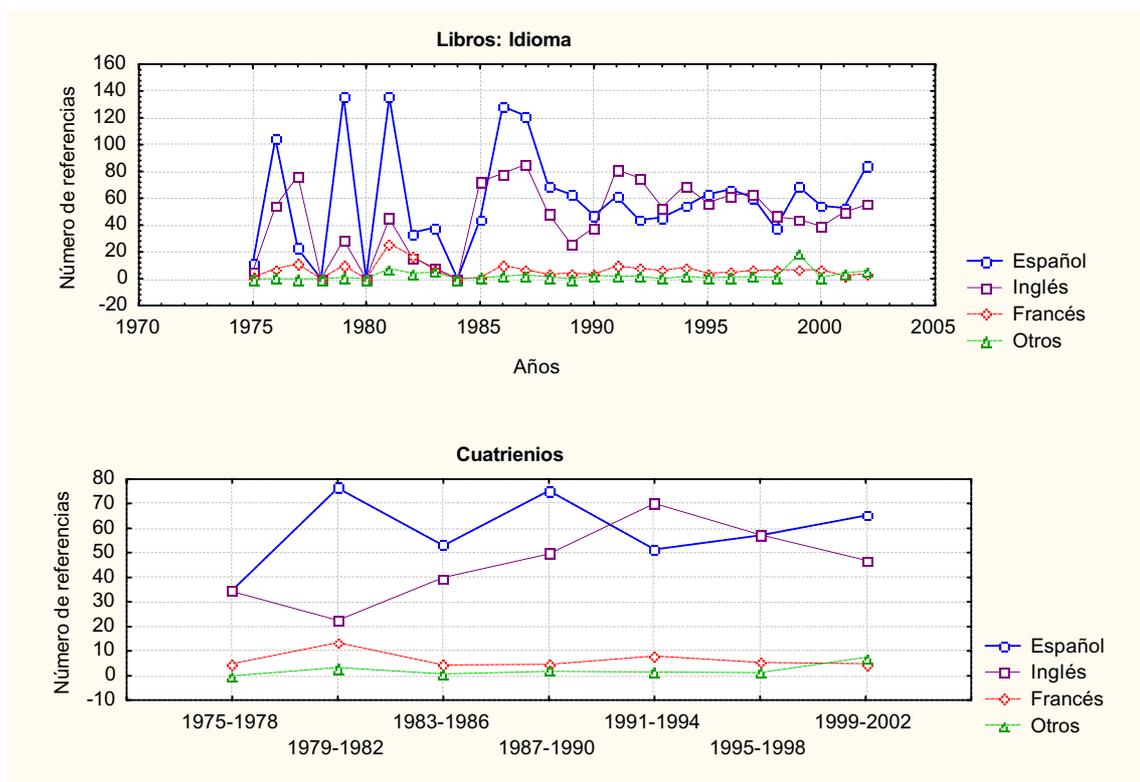


Figura 43. Análisis diacrónico del idioma de los libros (1975-2002).

El análisis longitudinal, representado en la tabla 39 y figura 43, determina que la citación de libros en español ha pasado por diferentes etapas. Una primera etapa relativa a los años 1975-1990, donde se referenciaban mayoritariamente libros en español.

Una segunda etapa, 1991-1994, donde los libros en inglés son más referenciados que los de español; pasando éstos a un segundo puesto. Posteriormente se produce una etapa, 1995-1998, donde los libros en español e inglés se citan en la misma proporción; y finalmente, los últimos años del estudio, 1999-2002, donde los libros en español vuelven a ser mayoritariamente citados con respecto a los de inglés.

Con respecto a los libros en francés y otros idiomas, éstos han sido referenciados de manera minoritaria a lo largo del periodo analizado, teniendo en ambos casos un patrón muy similar.

Este hallazgo determina que las revistas y los libros tienen unos patrones de citación diferentes en el campo de la Educación Matemática. Los investigadores de este campo referencian más revistas de lengua inglesa, tanto de corte generalista como especialista, pero con los libros de texto referencian mayoritariamente los escritos en español.

Las causas de esta dicotomía tal vez se encuentra en que la información que recogen los libros es una información más consolidada y a la vez con un menor grado de actualidad, lo que determina que esa información se encuentra tanto en inglés como en español. O por el contrario, tal vez se deba al volumen de información que se tendría que traducir al español en el caso de los libros, en comparación con las 10-20 páginas de un artículo de revista.

#### **A. Ajuste.**

Para realizar el ajuste sólo estudiaremos el caso de los libros en español e inglés, por ser los que muestran distribuciones más consistentes, con más datos. En el caso de los libros en español el ajuste sería:

- A. ARIMA (5,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 58,99
- C. Tendencia lineal:  $-692,99 + 0,38 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,04$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1120,07	21,6959		-2,24263	
(B)	1478,68	28,3847		5,07531E-15	
(C)	1525,5	28,0732		7,10543E-15	
(D)	1396,38	27,3217		0,0504348	
(E)	1562,81	29,4136		-3,22195	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	33,4674	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	38,4536	OK	OK	OK	OK	***
(C)	39,0577	OK	OK	OK	OK	***
(D)	37,3682	OK	OK	OK	OK	*
(E)	39,5324	OK	OK	OK	OK	***

En este caso, el único modelo que ratifica todos los tests realizados en este ajuste es el modelo ARIMA (5,1,1) con ajuste Box-Cox, con un error MAE de 21,70; con respecto al modelo clásico, el más ajustado es el modelo de media móvil de 5 términos.

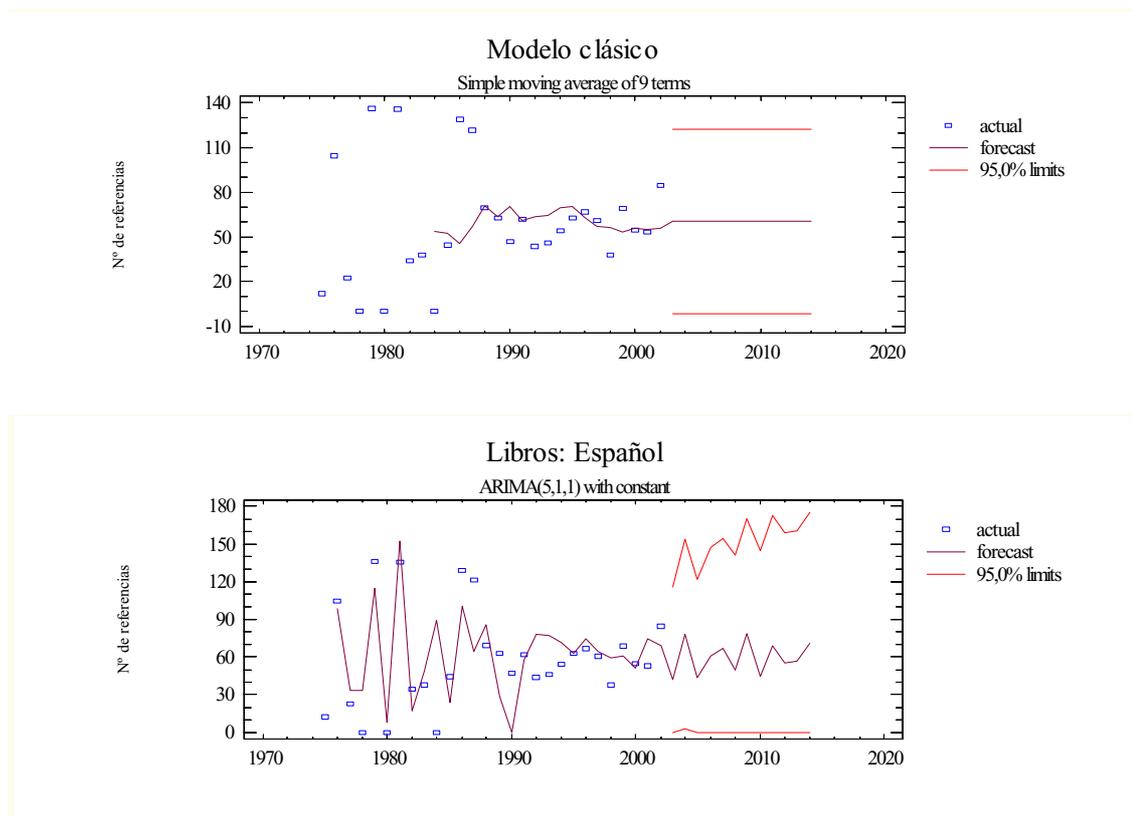


Figura 44. Modelo ARIMA y Clásico de los libros en español.

En el caso de los libros en inglés, el ajuste sería:

- A. ARIMA (3,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 45,86
- C. Tendencia lineal:  $-2417,32 + 1,24 t$

D. Media móvil simple de 6 términos

E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,19$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	325,486	12,827		-1,4249	
(B)	704,533	21,3077		6,85166E-15	
(C)	623,809	20,3403		-6,34413E-15	
(D)	614,303	18,8209		2,0687	
(E)	690,429	20,3277		3,65615	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	18,0412	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	26,543	OK	**	OK	*	**
(C)	24,9762	OK	**	OK	OK	**
(D)	24,7851	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	26,276	OK	OK	OK	OK	**

Los dos únicos modelos que verifican todos los supuestos realizados son los modelos seleccionados por su mayor ajuste. Por un lado, el modelo ARIMA (3,1,4) con ajuste Box-Cox, modelo al que se produce un mayor ajuste con unos porcentajes de errores menores que los restantes modelos; y por otro, el modelo clásico de media móvil de 6 términos.

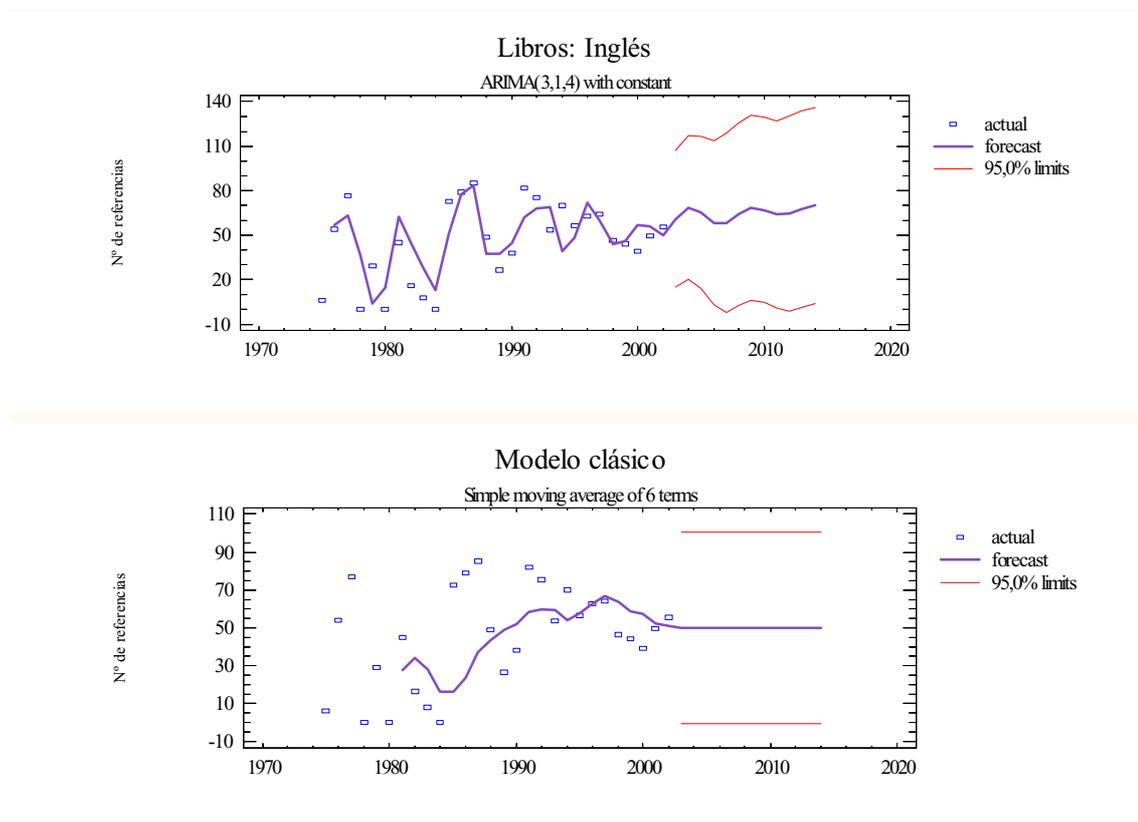


Figura 45. Modelo ARIMA y Clásico de los libros en inglés.

## B. Pronósticos.

Determinados que los mejores modelos de ajuste, para libros en español y en inglés, son dos modelos ARIMA, éstos mismos fijan como valores prospectivos los siguientes:

Tabla 40. Valores-pronósticos del idioma de los libros

Pronósticos	Libros		Límite inferior		Límite superior	
	Español	Inglés	95,0%		95,0%	
2003	42	63	0	19	115	109
2004	78	69	3	22	154	118
2005	43	64	0	15	122	119
2006	60	57	0	3	147	116
2007	67	58	0	0	154	124
2008	50	65	0	4	141	134
2009	78	70	0	6	170	140

Tanto para los libros en español como para los de inglés se pronostica un crecimiento con algunas fluctuaciones anuales. Tales fluctuaciones se hacen más severas en el caso de los libros en español, que parecen determinar ciclos de crecimiento como los anteriormente descritos. Estos ciclos establecen que en algunos periodos se referencien más libros en inglés frente a otros donde se produzca una mayor citación de los de español. Así pues, estos valores prospectivos muestran que durante los próximos 7 años, la citación de libros según idioma, va a continuar con los mismos patrones de citación que los establecidos hasta ahora: similitud de citas a libros escritos tanto en español como en inglés; aunque bien pudiera decirse que se citarían algo más de libros en inglés (446 libros en los siete años) que libros en español (418 libros en los siete años).

### 8.2.14. Variable 14. Evolución diacrónica de las fuentes de citación.

En esta variable se pretende establecer una relación entre las distintas fuentes bibliográficas, en la que se contraponen: libros, revistas y otras citas o literatura gris.

Entendiéndose por literatura gris, aquellos trabajos no publicados o de circulación limitada, como tesis doctorales, actas de congresos, informes, etc.

Tabla 41. Desarrollo diacrónico anual de las fuentes de citación (valores promedio)

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Libros</i>	19								
<i>Revistas</i>	15								
<i>Otras citas</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Libros</i>	167	110	-	179	-	215	73	58	-
<i>Revistas</i>	21	261	-	112	-	77	70	27	-
<i>Otras citas</i>	8	4	-	9	-	4	8	4	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Libros</i>	119	220	217	123	94	92	156	129	106
<i>Revistas</i>	102	140	65	73	52	102	116	113	69
<i>Otras citas</i>	9	52	16	41	19	20	50	28	29
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Libros</i>	134	124	136	121	128	149	96	119	133
<i>Revistas</i>	100	79	71	75	49	61	63	72	54
<i>Otras citas</i>	18	32	27	32	24	21	15	18	22

Las medias para todo el periodo de las diversas fuentes de citación son las siguientes:

- Libros: 115 citas
- Revistas: 73 citas
- Literatura gris/Otras citas: 18 citas

Este análisis determina que las fuentes bibliográficas utilizadas mayoritariamente a lo largo de todo el tiempo de estudio han sido los libros. En el caso

de las revistas, éstas han sido citadas en menor porcentaje, concretamente una media de 73 citas de revistas por año.

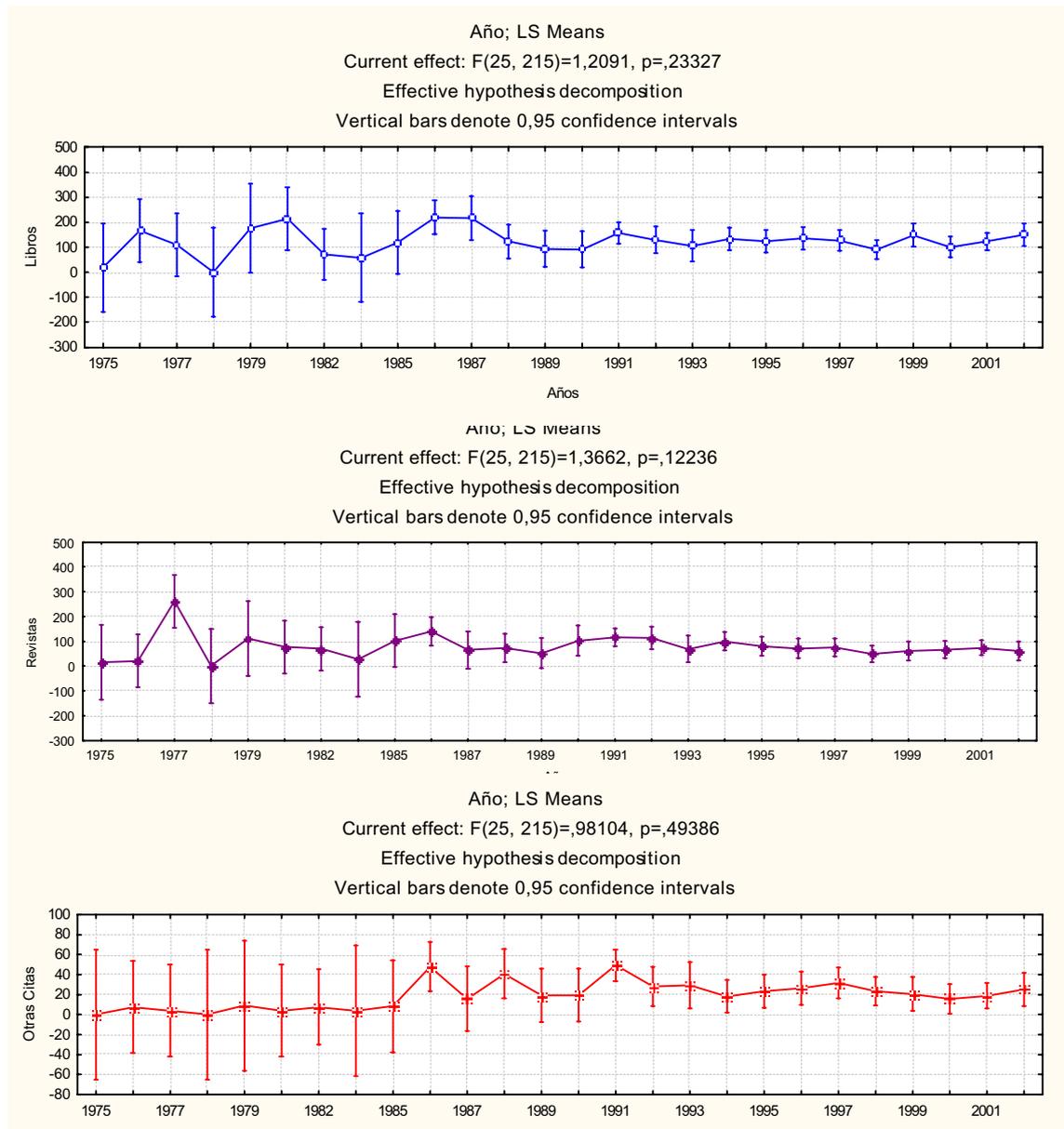


Figura 46. Análisis de la varianza de las fuentes de citación por años.

Este análisis de la varianza, al igual que en otras ocasiones, muestra que no se han producido diferencias significativas a lo largo del periodo de estudios en las citaciones de las distintas fuentes, es decir, a lo largo del periodo 1975-2002, libros, revistas y literatura gris han sido citados de manera similar y en unos mismos intervalos. Destacar, como caso más evidente y pronunciado, el *outlier* o islote relativo a las

revistas, que se produce en el año 1977, en el que hay un aumento considerable de citación de las mismas.

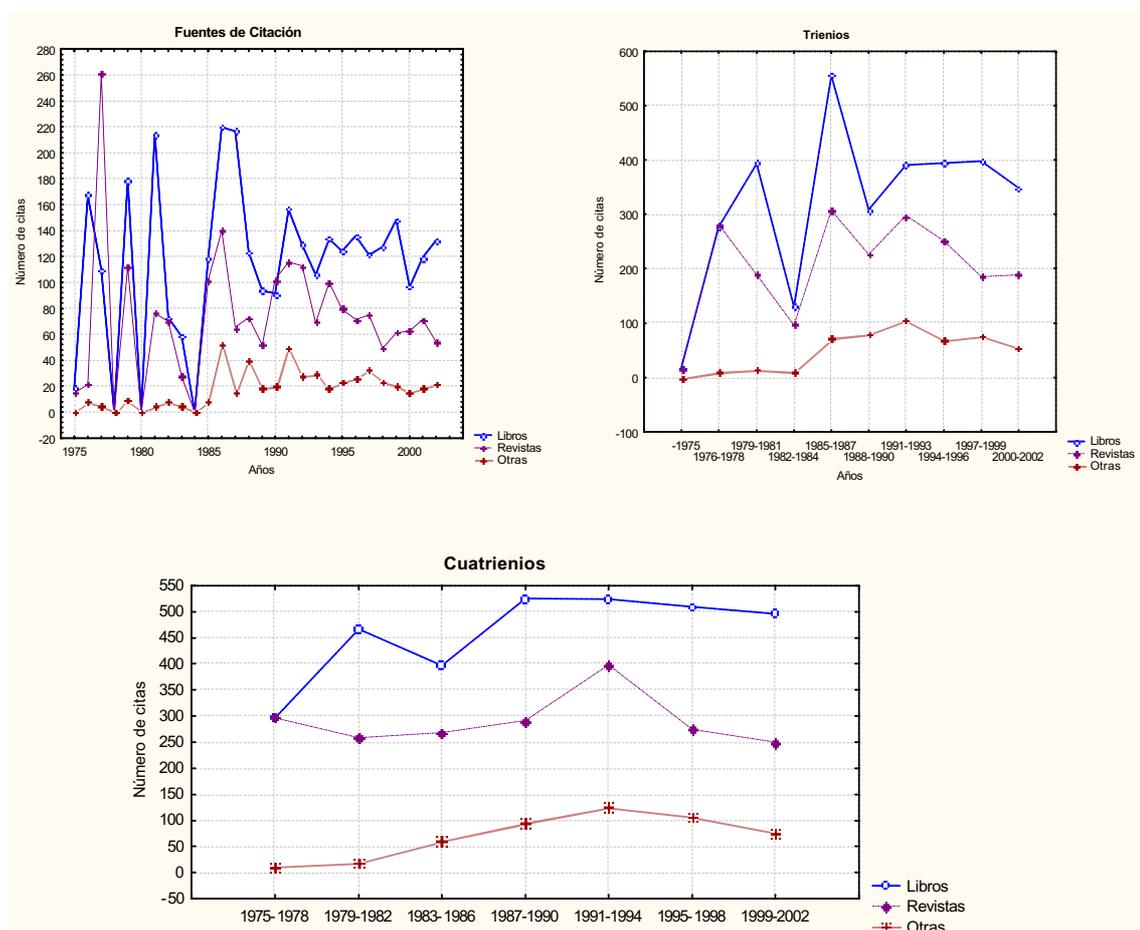


Figura 47. Producción diacrónica de las fuentes de citación (1975-2002).

El análisis longitudinal determina, como a pesar de no existir diferencias significativas de cada una de las fuentes en el número de citaciones en los años de estudio, se han producido diferentes patrones de crecimiento/citación en torno a ellas.

En el caso de los libros se observa en la figura 47 (cuatrienios), que a partir de los años 90 se produce una etapa de gran homogeneidad en la citación de libros. En las revistas se denota una etapa de gran citación, que comprende los años 90-94; en los que se produce una citación promedio de revistas de 100 citas. Y por último, en el caso de la literatura gris, a pesar de ser una fuente con carácter minoritario, se refleja un crecimiento leve pero continuo a lo largo de los años.

Este hallazgo vuelve a ratificar los patrones tradicionales con los que se elabora una tesis doctoral, optando por una información con un alto nivel de consolidación (ciencia normal), en el sentido kuhniano del término (Kuhn, 1975), y a la vez más antigua; dejando en un segundo plano el conocimiento más actual que viene dado en revistas o literatura gris.

Estamos seguros de que esta sentencia sería probablemente distinta si analizáramos cualquier otro tipo de informe de investigación del campo de la Educación Matemática: por ejemplo, en revistas científicas.

**A. Ajuste.**

En el caso de los libros, el ajuste a los modelos sería el siguiente:

- A. ARIMA (4,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 114,78
- C. Tendencia lineal:  $-3358,46 + 1,75 t$
- D. Media móvil simple de 14 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,03$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3424,06	35,0361		-9,70031	
(B)	3626,85	43,9661		-4,56777E-15	
(C)	3551,97	42,4132		-9,13555E-14	
(D)	455,858	16,4949		2,26327	
(E)	3746,13	44,1823		-1,73421	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	58,5155	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	60,2234	OK	OK	OK	OK	***
(C)	59,5984	OK	OK	OK	OK	***
(D)	21,3508	OK	OK	OK		
(E)	61,2057	OK	OK	OK	OK	***

---

El ajuste para los datos referentes a los libros citados es el modelo clásico de media móvil simple de 14 términos, siendo éste un modelo que verifica todos los supuestos del análisis de series temporales con el menor porcentaje de error. En este caso, el modelo ARIMA, a pesar de ratificar también tales supuestos, presenta un error cuadrático medio (MSE) de 3424,06 frente a 455,86 del modelo clásico.

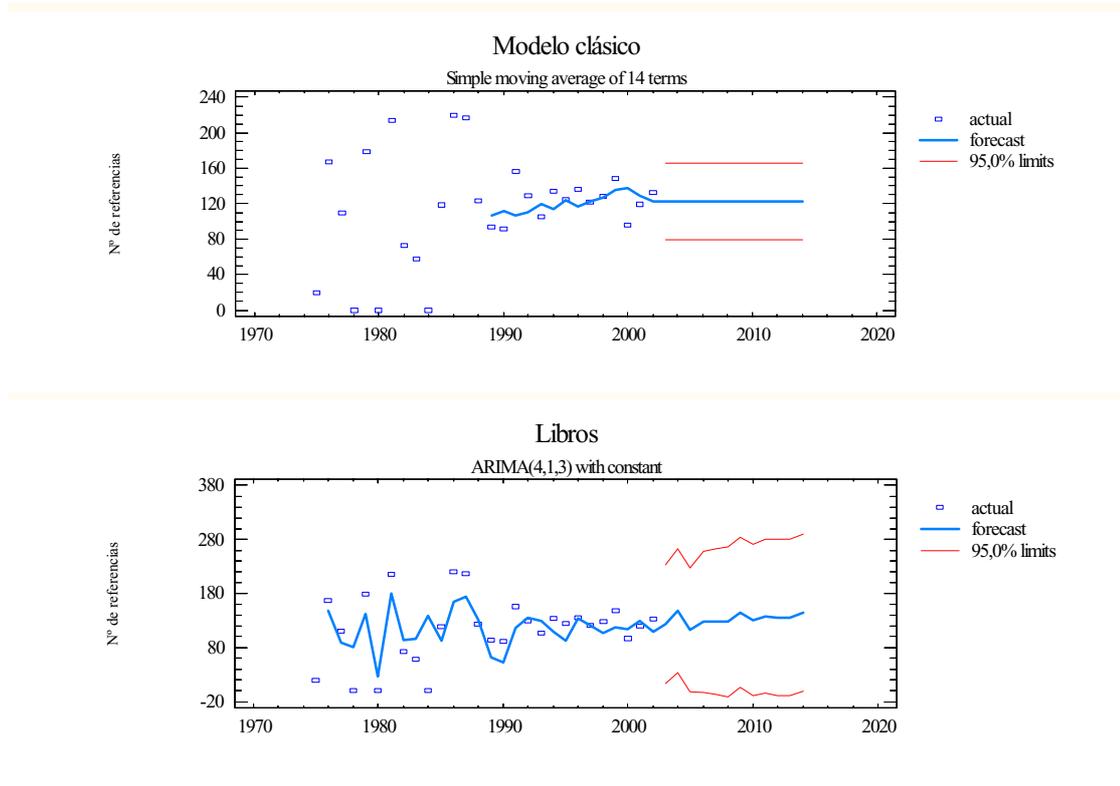


Figura 48. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los libros.

El ajuste a los modelos en el caso de las revistas sería:

- A. ARIMA (2,1,5) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 72,30
- C. Tendencia lineal:  $-277,29 + 0,18 t$
- D. Media móvil simple de 12 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,03$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1597,63	21,1666		4,84727	
(B)	2708,38	33,9957		7,10543E-15	
(C)	2810,37	34,0774		2,13163E-14	
(D)	664,221	20,8349		-1,2026	
(E)	2820,94	34,2577		6,32572	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	39,9704	OK	OK	OK	OK	***
(B)	52,0421	OK	OK	OK	OK	***
(C)	53,0129	OK	OK	OK	OK	***
(D)	25,7725	OK	OK	OK	OK	
(E)	53,1125	OK	OK	OK	OK	***

El análisis de ajuste determina que el único modelo que confirma totalmente todos los supuestos es el modelo clásico de media móvil simple de 12 términos, presentando, también, el menor porcentaje de errores.

Como modelo ARIMA más ajustado sería el modelo (2,1,5) con ajuste matemático Box-Cox, modelo que ratifica todos los tests realizados a excepción del test de la varianza, obteniendo un valor de significatividad alto ( $p > 0.01$ ).

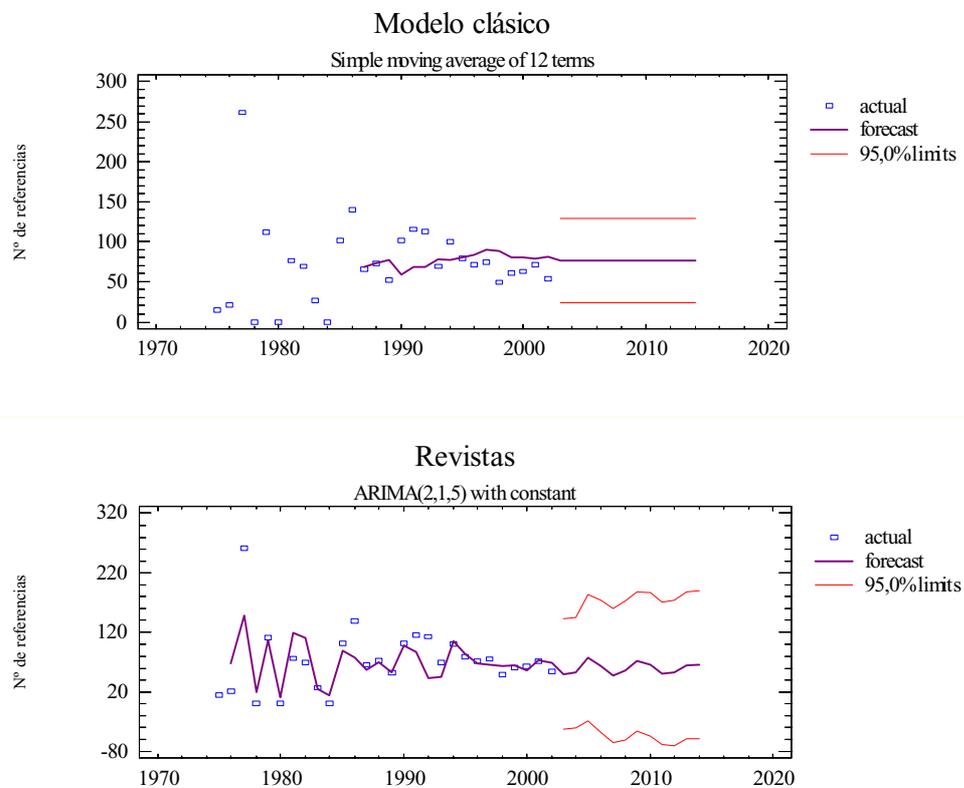


Figura 49. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las revistas.

Las diferencias de medias móviles entre los libros y revistas establecen que la información recogida en los libros prevalece durante un tiempo mayor que la información aportada en las revistas. Es decir, las variaciones producidas en los libros tienen una repercusión de un periodo de 14 años; mientras que en el caso de las revistas, tal periodo disminuye a 12 años.

En el caso de la denominada literatura gris u otras citas, el ajuste a los modelos sería:

- A. ARIMA (4,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 17,83
- C. Tendencia lineal:  $-1858,62 + 0,94 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,34$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	146,323	7,20816		-2,33115	
(B)	205,889	11,1513		1,77636E-15	
(C)	151,235	8,15312		1,47945E-13	
(D)	164,845	7,64		1,9287	
(E)	151,119	7,2777		1,80593	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	12,0964	OK	OK	OK	OK	*
(B)	14,3488	OK	***	***	***	**
(C)	12,2977	OK	**	OK	OK	OK
(D)	12,8392	*	OK	OK	OK	**
(E)	12,293	OK	OK	OK	OK	OK

El mejor ajuste de la distribución relativa a la literatura gris/otras citas, se produce al modelo ARIMA (4,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox. El ajuste a este modelo a pesar de que no ratifica el test de la varianza con un nivel de significatividad marginal ( $0,05 > p > 0,10$ ), presenta un error cuadrático medio (MSE) menor que cualquier otro modelo de los denominado clásico.

Este error (MSE = 151,2) relativamente superior en el caso del modelo alisado simple exponencial con  $\alpha 0,34$ ; que si supera todos los tests realizados. Por ello, se toma como mejor ajuste el modelo ARIMA; modelo que se utilizará para obtener los valores pronósticos para los próximos 7 años.

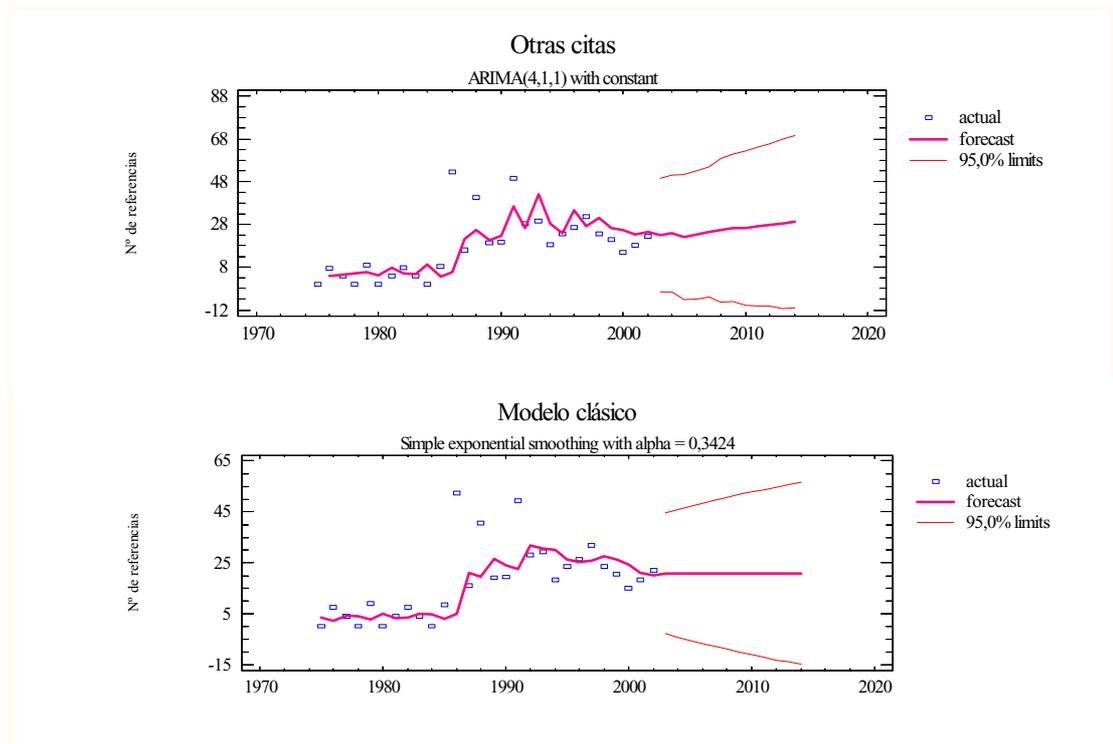


Figura 50. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las otras citas.

**B. Pronósticos.**

Los valores prospectivos de las distintas fuentes bibliográficas: libros, revistas y otras citas, serían:

Tabla 42. Valores-pronósticos de las fuentes de citación

Pronósticos	Libros	Revistas	Otras citas	Límite inferior 95,0%			Límite superior 95,0%		
2003	122	76	23	79	24	0	165	129	44
2004	122	76	23	79	24	0	165	129	44
2005	122	76	23	79	24	0	165	129	44
2006	122	76	23	79	24	0	165	129	44
2007	122	76	23	79	24	0	165	129	44
2008	122	76	23	79	24	0	165	129	44
2009	122	76	23	79	24	0	165	129	44

Los modelos seleccionados en el ajuste y para el posterior pronóstico determinan que, durante los próximos 7 años, la citación será en relación a las fuentes:

- Los libros serán citados anualmente en un promedio de 122 ocasiones con unos valores máximos de sus límites inferior y superior de 79-165.
- Las revistas serán citadas anualmente en un promedio de 76 ocasiones con unos valores máximos de sus límites inferior y superior de 24-129.
- Las otras citas serán citadas en 23 ocasiones con unos valores máximos de sus límites inferior y superior de 0-44.

En definitiva, los modelos de ajuste pronostican un crecimiento constante en el caso de los libros y revistas, y con mínimas diferencias anuales en el caso de las otras citas. Estas diferencias no son observables en los datos cuantitativos, ya que se encontraban en los valores decimales y, tras el redondeo, se han perdido.

#### 8.2.15. Variable 15. Evolución diacrónica de la antigüedad media de las citas.

Un problema inseparable del crecimiento, y en este caso el de la ciencia, es el del envejecimiento u obsolescencia. Esta preocupación de la obsolescencia de la literatura científica fue estudiada en el año 1960, como ya comentamos, por autores como Burton y Kleber, los cuales estimaron la vida media o semiperiodo de distintas disciplinas como la de la Física, que sería de 3,9 años o la de las Ciencias Sociales y Humanas, que aumenta hasta 10 años o más.

Tabla 43. Desarrollo diacrónico anual de la antigüedad media de las citas

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
Antigüedad	9,36								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
Antigüedad	16,2	18,7	-	11,7	-	18,4	10,4	18,2	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
Antigüedad	10,6	10,9	9	26,9	10,2	11,3	12,2	15,5	10,6
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Antigüedad	12,3	14,2	11,1	12,9	13,3	18,9	12,4	12,8	11,1

La antigüedad media de periodo 1975-2002 ha sido de 12,11 años. Este dato, a simple vista, puede parecer demasiado alto; pero, para que sirva de comparación, recordemos que la vida media de la literatura relativa a las matemáticas es de 10,5 años (Burton *et al.*, 1960); por tanto, entre ambas ciencias existiría una diferencia de algo más de 1,5 años. Así pues, este valor estimado concuerda con el valor establecido por Burton y Kleber para este tipo de ciencia.

Además de conocer que la antigüedad media de las citas se ajusta al valor establecido por estos autores; se realizará un análisis de la varianza para detectar posibles cambios a lo largo del periodo analizado. La representación gráfica de este análisis es la siguiente:

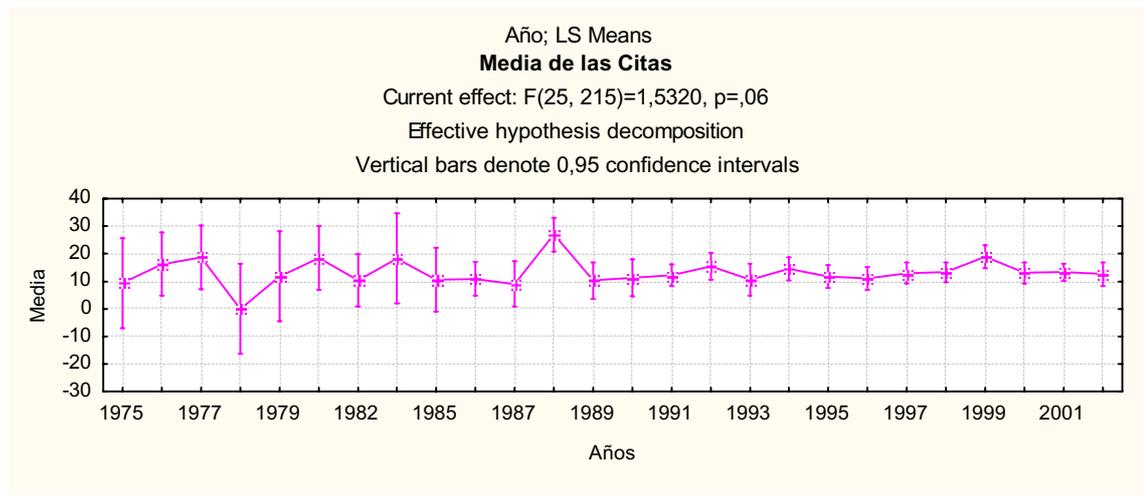


Figura 51. Análisis de la varianza de la antigüedad media de las citas.

El ANOVA, para esta distribución, determina que no se han producido diferencias estadísticamente significativas a lo largo de los años, arrojando un valor  $p = 0,06$ ; y aunque en puridad  $p$  es mayor que el  $\alpha$  aceptado ( $0,05$ ), estamos con el añejo consejo de Rosenthal y Caimo (1963) de que “*Dios ama tanto a 0,06 como al arbitrario 0,05*”. Habría entonces que pensar que la antigüedad promedio de las citas ha tenido oscilaciones principalmente en los años 1981, 1983, 1988 y 1999 (*outlier* o islote), donde la media de ese año aumentó hasta un valor superior a 18 años, valor rayano en la significatividad estadística.

### A. Ajuste.

Todos los datos obtenidos hasta ahora permiten enjuiciar de antemano cuáles serían los mejores modelos de ajuste. Para confirmarlo se realiza el siguiente ajuste:

- A. ARIMA (4,1,1)
- B. Media constante = 12,11
- C. Tendencia lineal:  $-240,98 + 0,13 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,00$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	25,1408	3,62402		0,474147	
(B)	33,0671	3,80857		1,33227E-15	
(C)	33,2006	3,7898		-4,18713E-15	
(D)	36,3493	3,95096		0,336	
(E)	33,8724	3,82255		0,775271	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	5,01406	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,7504	OK	OK	OK	OK	***
(C)	5,762	OK	OK	OK	OK	***
(D)	6,02904	OK	OK	OK	OK	**
(E)	5,82	OK	OK	OK	OK	***

En este caso el único modelo que ratifica todos los test de ajuste es el modelo ARIMA (4,1,1), considerándose éste el mejor modelo de ajuste. Con respecto a los modelos clásicos, el modelo más apropiado para estos datos es el de media constante (12,1129).

Tal vez la idea preconcebida era que el mejor modelo de ajuste sería el modelo clásico de media constante; pero, si observamos, la siguiente figura nos da una visión de una cierta constancia a lo largo de último periodo (1996), en consonancia también con los pronósticos para los 7 años posteriores. Por tanto, el modelo ARIMA es el modelo más “realista”, en el sentido de que se aprecian las pequeñas variaciones que se producen empíricamente a lo largo de los años.

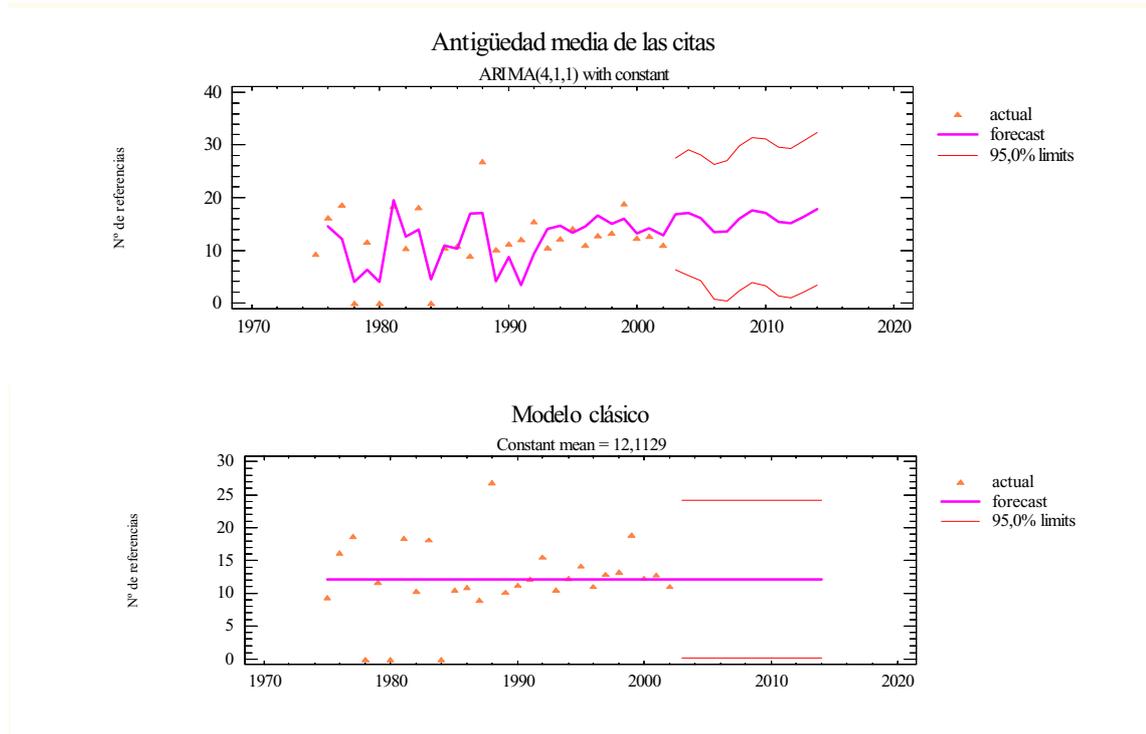


Figura 52. Modelo gráfico ARIMA y clásico de la antigüedad media de las citas.

**B. Pronósticos.**

Los valores cuantitativos, que se han representado en esta figura anterior, según el modelo ARIMA serían:

Tabla 44. Valores-pronósticos de la antigüedad media de las citas

Pronósticos	Antigüedad	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	17	6	27
2004	17	5	29
2005	16	4	28
2006	13	1	26
2007	13	0	27
2008	16	2	30
2009	17	4	31

Estos datos reflejan las fluctuaciones que se van a producir anualmente a lo largo de estos próximos 7 años. Pero como tendencia general parece que se atisba una mayor obsolescencia de estos datos. La media de este nuevo periodo sería de 15,5 años;

produciéndose un envejecimiento de la literatura de 3 años más. Los valores máximos del límite inferior y superior se sitúan en 6-30 años respectivamente.

#### 8.2.16. Variable 16. Antigüedad promedio de la variabilidad anual de las citas.

Determinada la vida media de la literatura referenciada, se estudia la variabilidad de las citas; es decir, se calcula la desviación típica de la antigüedad promedio de las mismas. Por tanto, además de conocer su antigüedad media, se tiene información sobre la amplitud de tiempo con el que se obtiene información para elaborar la tesis doctoral. Se da por hecho que dicha amplitud, en este tipo de trabajos científicos, va a ser larga puesto que en una tesis doctoral se pretende recoger la máxima información relativa a su temática, realizando en numerosas ocasiones toda una visión histórica sobre la misma.

Tabla 45. Desarrollo diacrónico anual de la variabilidad anual de las citas

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
Variabilidad	11,3								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
Variabilidad	11,8	11,4	-	11,9	-	11,4	10,6	8	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
Variabilidad	8,2	7,4	7,4	35,6	9,8	12,6	21,7	9	18,7
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Variabilidad	9,2	9,1	11,5	10,3	17,7	12,7	10,1	13,4	12,9

El análisis longitudinal realizado determina que existe una antigüedad promedio de variabilidad entre las citas de casi 12 años; arrojando un valor que confirma la hipótesis planteada al comienzo.

Esta confirmación no indica que no estimemos este valor algo excesivo si consideramos la tesis doctoral, no como un documento en el que se intenta recoger

“todo sobre una temática”, sino un trabajo en el que se aplica las mismas directrices que en cualquier otro tipo de informes de investigación.

Ya estimado este valor promedio, también en esta variable se realizó una análisis de la varianza (ANOVA) para determinar diferencias en el tiempo y la existencia de *outlier* o islotes. La realización de este análisis, se resume en la siguiente figura que recoge de manera clara los hallazgos obtenidos:

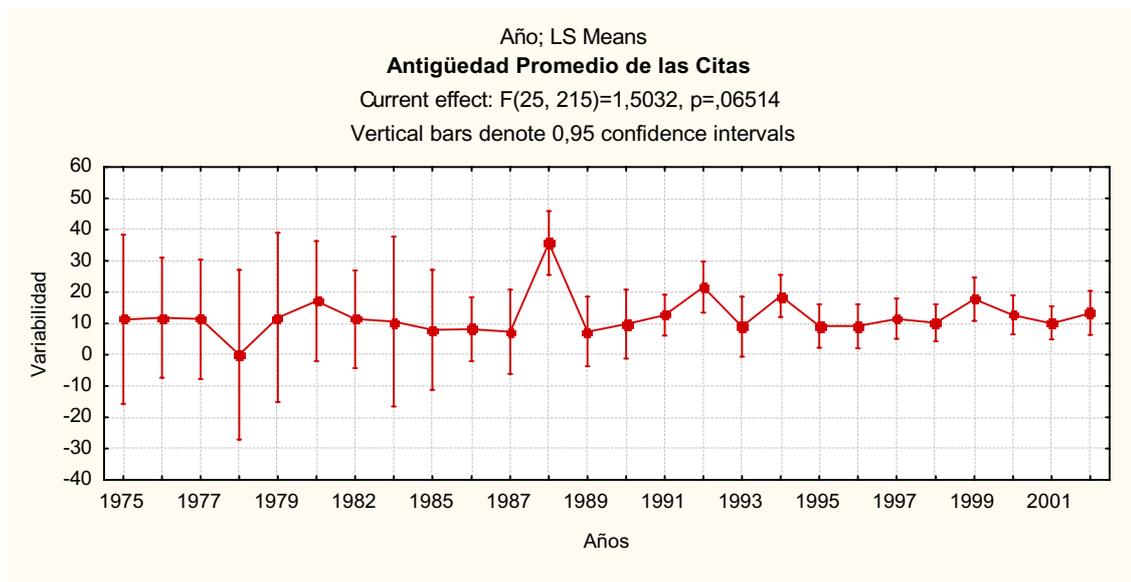


Figura 53. ANOVA de la antigüedad promedio de la variabilidad anual de las citas.

Este gráfico muestra ese patrón de variabilidad de las citas que oscila entre las frecuencias 10 y 20, estableciendo que no existen diferencias estadísticamente significativas en el periodo 1975-2002, con un valor de  $p = 0,065$ .

Con respecto a los *outliers* incluido en el ANOVA, de nuevo el año 1988 se constituye como uno de ellos; poseyendo una variabilidad de 35,6; este islote es el que reduce casi a nivel de significación estadística el valor de  $p$  obtenido.

Estos dos datos conducen a analizar por qué en esta fecha, año 1988, ocurren esas diferencias con respecto a los demás años. Recordemos que en el año 1988, se leyeron 7 tesis doctorales, pero las diferencias son debidas sobre todo a la tesis de Arenzana Hernández que, debido a la temática de su tesis doctoral: “*La enseñanza de*

las matemáticas en el siglo XVIII en España”, hace que los datos de antigüedad de las citas y variabilidad de las mismas aumenten los índice calculados en ese año.

### A. Ajuste.

Los datos sobre la antigüedad promedio de la variabilidad anual de las citas se ajustan a los modelos:

- A. ARIMA (3,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 11,81
- C. Tendencia lineal:  $-254,08 + 0,13 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,01$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	33,9009	3,99491		-0,168137	
(B)	42,8857	4,01122		1,14194E-15	
(C)	43,2787	4,10433		1,18001E-14	
(D)	58,3568	4,77083		0,579167	
(E)	43,8281	4,24339		-0,573067	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	5,82244	OK	OK	OK	OK	**
(B)	6,54872	OK	OK	OK	OK	**
(C)	6,57866	OK	OK	OK	OK	**
(D)	7,59199	*	OK	OK	OK	OK
(E)	6,62028	OK	OK	OK	OK	**

En este caso no se produce ningún ajuste total a ninguno de los modelos seleccionados, es decir, ningún modelo ratifica todos los tests realizados para este análisis, lo que no es óbice para que seleccionemos el modelo ARIMA (3,1,1) con ajuste matemático Box-Cox como el mejor modelo de ajuste, con un error MSE de 33,9; y con un nivel medio de significatividad ( $0,01 < p < 0,05$ ) en el test de la varianza.

Con respecto a los modelos clásicos, el modelo con un error MSE también menor es el modelo de media constante, cuyo valor es 11,81.

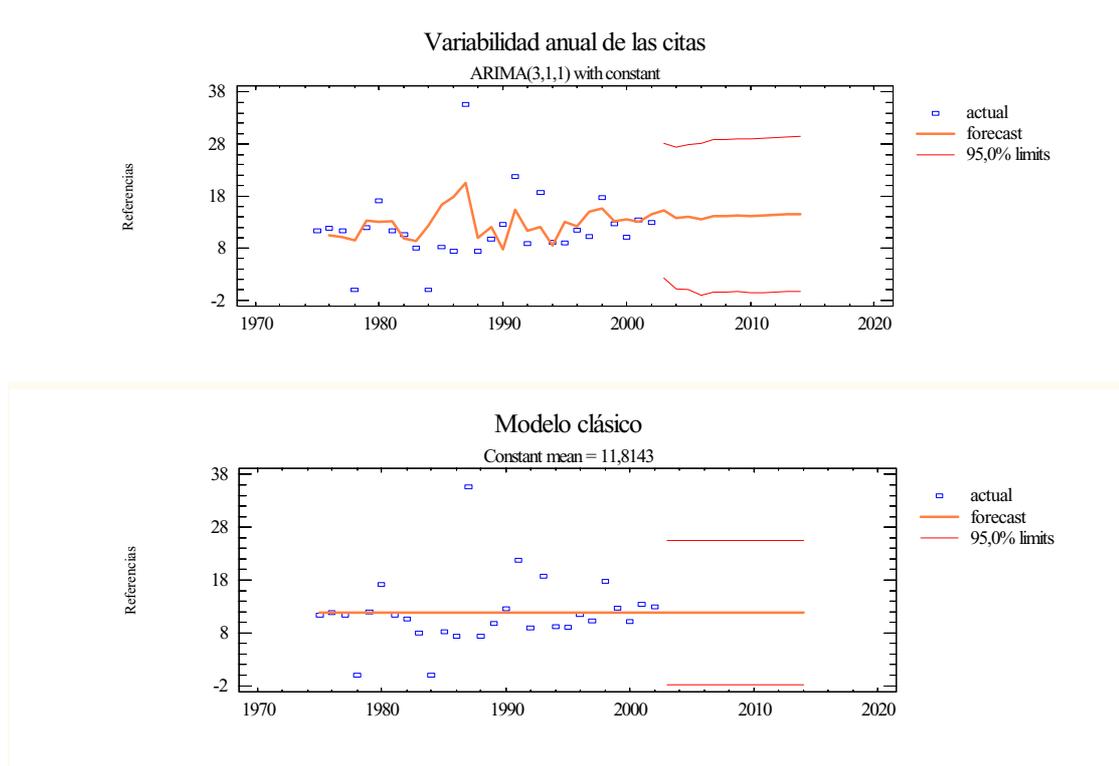


Figura 54. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la variabilidad anual de las citas.

Como vemos, este análisis de ajuste presenta grandes similitudes con el realizado anteriormente, aunque en este caso el modelo ARIMA, en su parte autorregresiva (*AR*) que recordemos que modela la influencia de los valores anteriores de la serie, tiene un valor menor (3 y no 4 como anteriormente).

**B. Pronósticos.**

El modelo ARIMA seleccionado determina que los valores prospectivos para los próximos 7 años serán:

Tabla 46. Valores-pronósticos de la variabilidad anual de las citas

Pronósticos	Variabilidad	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	15	3	28
2004	14	1	28
2005	14	1	28
2006	13	0	28
2007	14	0	29
2008	14	0	29
2009	14	0	29

El hallazgo principal de este proceso es ese leve aumento que parece preverse para los próximos 7 años. La variabilidad aumenta a una media de 14 años, con unos valores máximos en los límites inferior y superior de 3 y 19 años respectivamente.

#### 8.2.17. Variable 17. Evaluación diacrónica de los autores más citados.

La racionalidad de la citación es bastante compleja, pues son diversas las funciones de citación de autores y de sus respectivos trabajos. Entre estas funciones destacamos: rendir homenaje a los precursores científicos, identificar publicaciones originales, validar datos y teorías, debatir cuestiones, brindar una lectura básica, responder ideas de otros...

Pero en ocasiones estas finalidades “serias” pasan a serlo menos cuando se influyen de factores totalmente ajenos a la ciencia. Dentro de estas otras razones destacan las citas sociales para obtener la aprobación de editores o revisores; las citas que no tienen un sentido real; la citación excesiva, y no por calidad, etc. (Véase Fernández Cano, 1995).

No obstante, salvaguardando estas “racionalidades espurias” en la citación, se acepta como norma general que los autores más citados son reconocidos por sus pares como los más eminentes. Así pues, dentro del campo de la Educación Matemática, como autores más destacados y reconocidos por su labor pedagógica e investigadora destacan los siguientes autores.

Tabla 47. Desarrollo diacrónico anual de los autores más citados

<b>Autores</b>	<b>Periodo</b>	<b>Años</b>	<b>Número de tesis</b>
Piaget, J.	1976-1983, 1986-2002	25	Citación en 77 tesis
Schoenfeld, A.	1986-1988, 1990-1991, 1993, 1995-2001	13	Citación en 33 tesis
Carpenter, Th.	1985-1989, 1991-2002	17	Citación en 30 tesis
Rico, L.	1993-2002	10	Citación en 26 tesis

Coll, C.	1987, 1991-1992, 1994-2002	13	Citación en 26 tesis
Vergnaud, G.	1982, 1987, 1992-2002	13	Citación en 24 tesis
Brousseau, G.	1992-2002	11	Citación en 23 tesis
Godino, J.	1993-2002	10	Citación en 22 tesis
Tall, D.	1990-1991, 1993-2002	12	Citación en 19 tesis
Fischbein, E.	1991-1992, 1994-1998, 2000-2001	9	Citación en 18 tesis

En este cuadro-resumen podemos observar que el autor más citado en todo el periodo de tiempo analizado ha sido Jean Piaget, recibiendo citas en 77 tesis doctorales; teniendo un periodo temporal de citación que abarca casi el grosor de nuestro estudio (25 años); es decir, estudios realizados actualmente aún siguen utilizando como fundamentación teórica los trabajos y supuestos emitidos por Piaget.

Otros autores que comienzan a ser mayoritariamente citados en los años 80, son Gerard Vergnaud, citado en 30 tesis doctorales; Alan Schoenfeld, citado en 33 tesis doctorales; y César Coll, citado en 26 de ellas.

En la década de los 90, comienzan a ser altamente citados los autores: Luis Rico, citado en 26 tesis doctorales; Guy Brousseau, citado en 22 tesis doctorales; Juan Godino, citado también en 22 tesis; David Tall, citado en 19 tesis y Efraim Fischbein, citado en 18 tesis doctorales.

Además de conocer los orígenes de citación de estos autores, con el siguiente gráfico podemos observar cuál es la tendencia de citación de todos ellos. Quedando representado en él la trayectoria temporal de las citas recibidas a cada uno de los autores en las tesis doctorales.

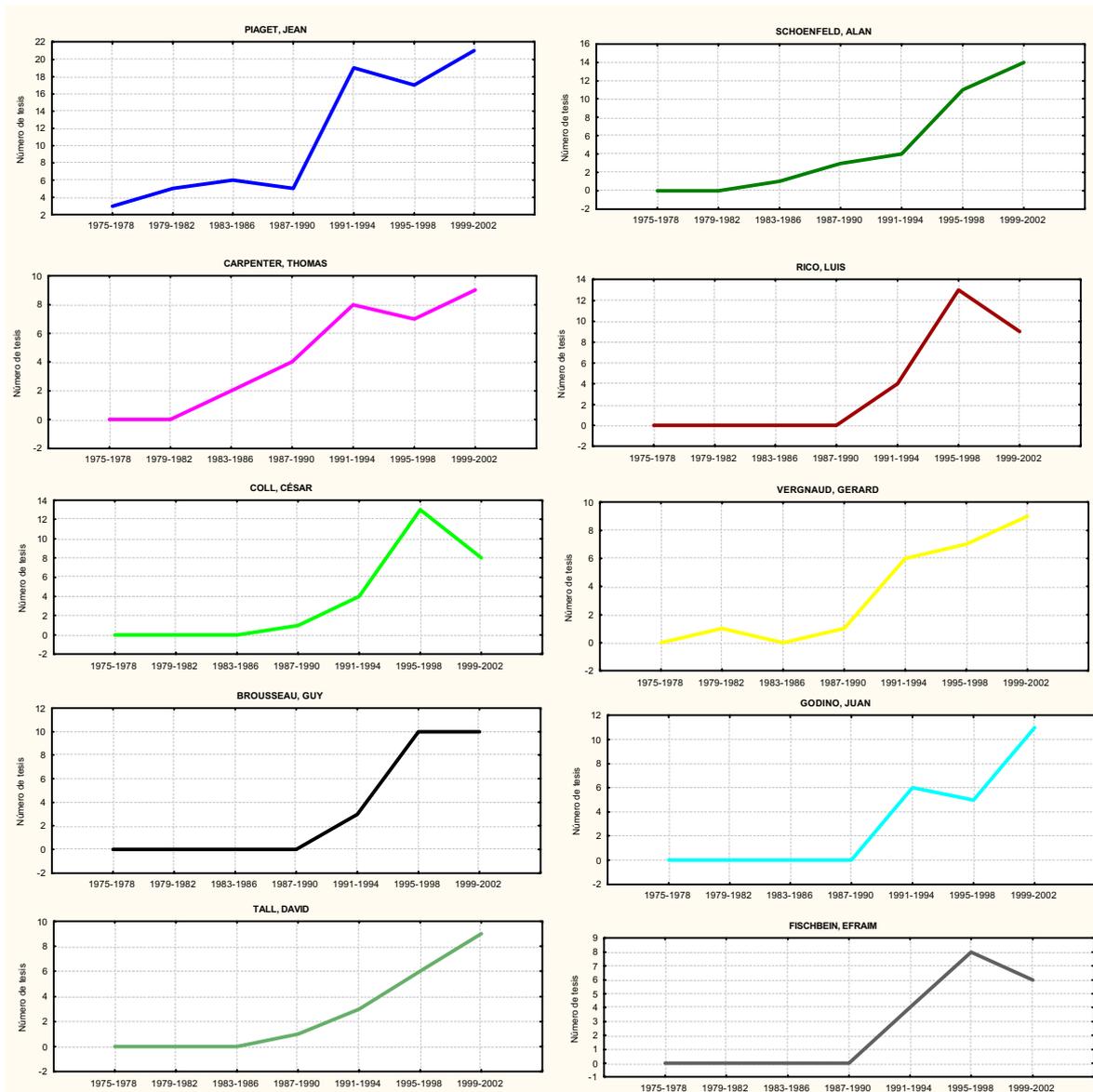


Figura 55. Citación diacrónica de los autores más citados (1975-2002).

La primera consideración que podemos denotar es la dicotomía entre autores extranjeros y nacionales; siendo éstos primeros más citados y con una mayor tendencia que los nacionales.

Además, esta representación gráfica permite observar cuáles son los autores, en el último periodo de tiempo, que están recibiendo un menor número de citas, como por ejemplo Fischbein; frente a otros autores que presentan un crecimiento exponencial de citación, como es el caso de David Tall. También se aprecia la situación de autores que mantienen una cierta constancia en la recepción de citas, como Piaget y Carpenter.

En definitiva, con este análisis longitudinal sobre la citación de autores, se han obtenido los patrones de crecimiento de cada uno de los autores en relación a las citas que reciben por la realización de cada una de las tesis en el campo de la Educación Matemática.

8.2.18. Variable 18. Evolución diacrónica de la lengua en el que se redactan las tesis.

Otra variable estudiada, anecdótica a primer vista, es el idioma en el que ha sido redactada la tesis doctoral. En el siguiente cuadro se recogen las tesis realizadas en relación a su idioma: castellano, catalán y euskera, no existiendo ninguna tesis escrita en gallego.

Tabla 48. Desarrollo diacrónico anual de las tesis doctorales según idioma

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
Castellano	1								
Euskera	-								
Catalán	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
Castellano	2	2	1	1	-	2	3	1	-
Euskera	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catalán	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
Castellano	2	6	4	7	6	4	16	9	8
Euskera	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Catalán	-	1	-	-	-	1	1	2	-
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Castellano	15	13	13	18	19	12	16	22	15
Euskera	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catalán	1	2	2	-	1	2	1	4	-

Este análisis longitudinal nos permite conocer que el catalán es un idioma utilizado para realizar tesis doctorales, aunque en un porcentaje bajo si lo comparamos con la totalidad de la producción de las universidades catalanas.

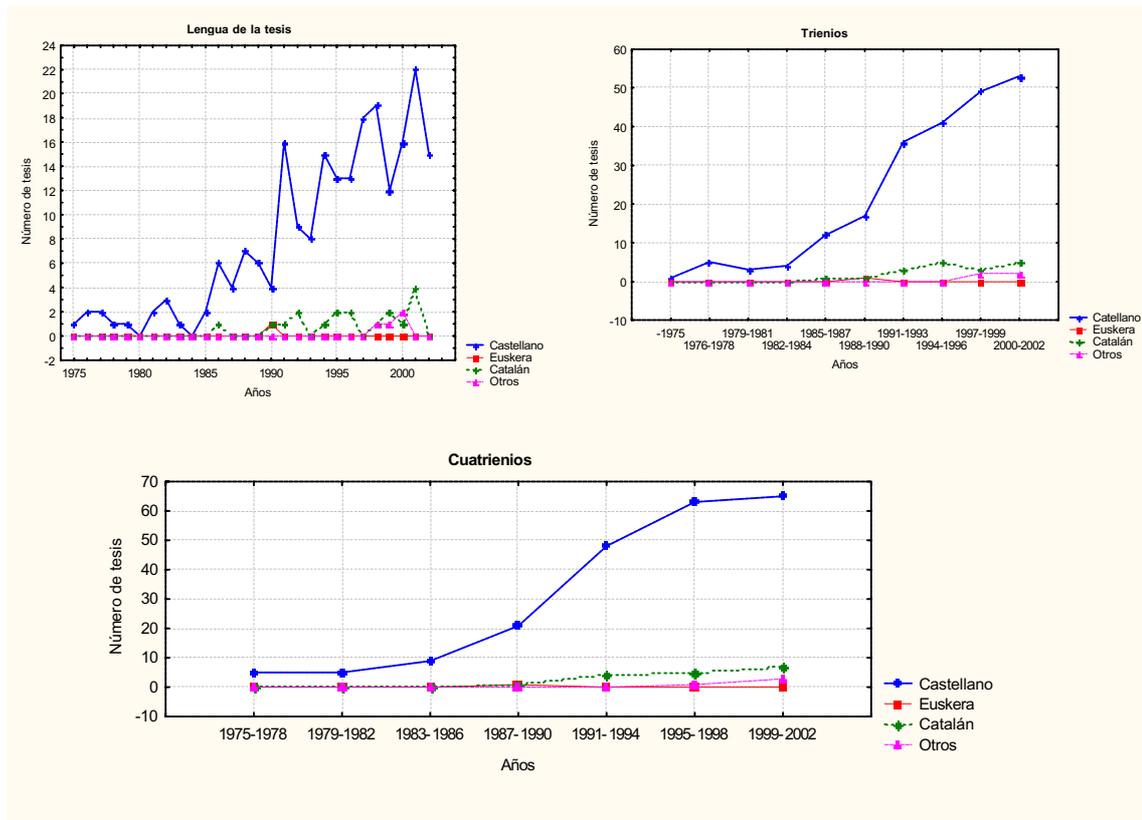


Figura 56. Producción diacrónica de las tesis doctorales según idioma (1975-2002).

Obviamente el grueso de la producción de las tesis doctorales españolas sobre Educación Matemática son escritas en la lengua oficial del Estado; pero un dato realmente curioso es la existencia de 4 tesis doctorales que han sido leídas en idiomas extranjeros, francés y portugués. Estas tesis fueron defendidas durante el periodo 1998-2000, y no han sido aquí representadas gráficamente.

### A. Ajuste.

En este caso, el ajuste sólo se realiza a las tesis que han sido escritas en español; siendo éste:

- A. ARIMA (2,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 7,79
- C. Tendencia lineal:  $-1460,46 + 0,74 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,46$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,20348	1,8669		0,0458319	
(B)	46,0265	5,89796		-1,55431E-15	
(C)	9,48672	2,40433		9,74459E-14	
(D)	15,3113	2,95652		2,03478	
(E)	12,701	2,46907		1,19998	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,68393	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6,78428	OK	***	***	***	***
(C)	3,08005	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	3,91297	OK	OK	**	*	**
(E)	3,56385	OK	OK	**	OK	***

Un ajuste total se produce a dos modelos: el modelo ARIMA y el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -1460,46 + 0,74 t$ ; ambos ratifican todos los tesis realizados en este tipo de análisis. Pero atendiendo al error medio cuadrático, el modelo más ajustado sería el modelo ARIMA (2,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox, con un error MSE = 7,20. Este modelo, tal y como expresa la figura siguiente, ratifica los datos obtenidos tras el análisis longitudinal, en el que se observa que la tendencia es a que el idioma español siga siendo predominantemente mayoritario como vehículo expresivo de la investigación española en Educación Matemática, a nivel de tesis doctorales.

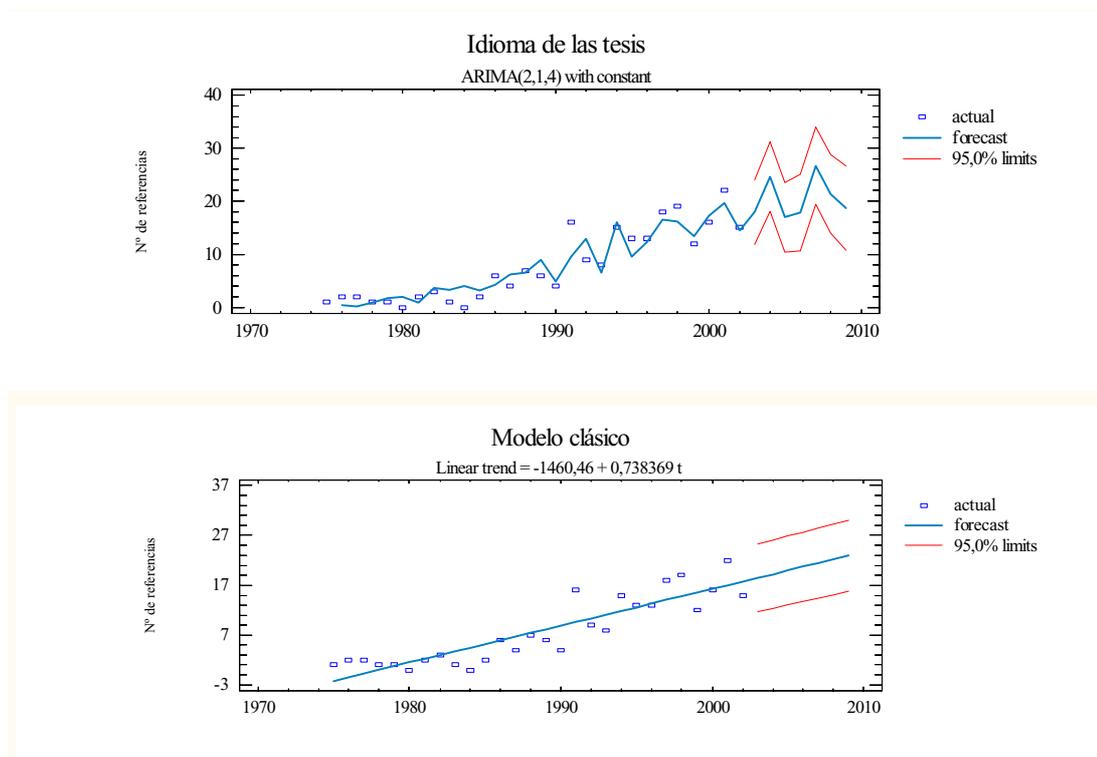


Figura 57. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las tesis escritas en castellano.

## B. Pronósticos.

Los valores-pronósticos del uso del castellano para la elaboración de tesis doctorales, según el modelo de ajuste seleccionado, serían:

Tabla 49. Valores-pronósticos de las tesis escritas en castellano

<b>Pronósticos</b>	<b>Idioma</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	18	12	25
2004	19	12	26
2005	20	13	27
2006	20	14	27
2007	21	14	28
2008	22	15	29
2009	23	16	30

Estos datos establecen que la producción de tesis en castellano va a aumentar en los próximos 7 años, hasta alcanzar un máximo de 23 tesis doctorales, con unos valores máximos de sus límites inferior y superior de 16 y 30 tesis doctorales, respectivamente.

Si cotejamos estos valores con los relativos a la producción general anual (variable 1), observamos que existen grandes similitudes con estos valores pronósticos, lo que nos ratifica que la producción de tesis en otros idiomas va a seguir siendo muy minoritaria; siguiendo por tanto los mismos patrones que los descritos hasta el momento.

### 8.2.19. Variable 19. Evolución diacrónica del número de páginas.

El análisis de un aspecto formal de la presentación de una tesis, como puede ser el número de páginas de la misma, nos va a aportar un valor indicativo sobre la existencia de criterios y hábitos predeterminados en la composición y edición de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática.

Tabla 50. Desarrollo diacrónico de las tesis doctorales según número de páginas (valor promedio)

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
Páginas	254								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
Páginas	459	438	36	359	-	407	335	366	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
Páginas	497	616	455	488	351	492	388	450	462
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Páginas	410	528	377	408	327	401	379	432	405

En el caso el estudio longitudinal nos determina que el número de páginas de una tesis doctoral ha sido siempre superior a las 300 páginas, concretamente un valor medio de 369 páginas. Los únicos años discordantes de este valor ha sido el año 1975, la primera tesis doctoral, considerada para este estudio, se desarrolla en 254 páginas; y el año 1978, cuya tesis doctoral únicamente posee 36 páginas. Esta última es una tesis que versa sobre la aplicación de la técnica cinematográfica en la enseñanza de la geometría descriptiva, leída en la Universidad Politécnica de Madrid.

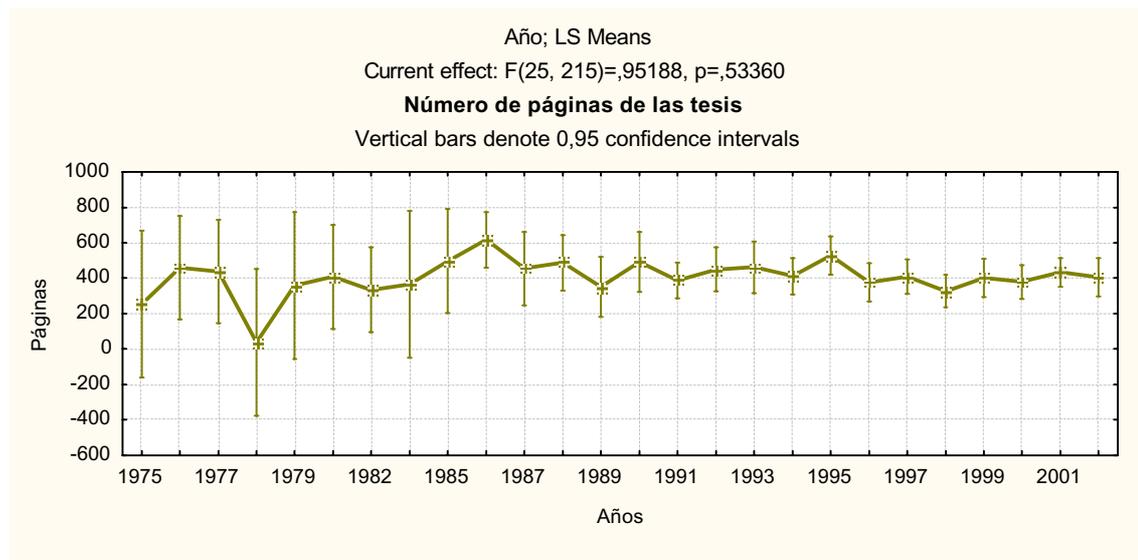


Figura 58. Análisis de la varianza del número de páginas de las tesis doctorales por año de realización.

La representación gráfica del análisis de la varianza realizado ratifica los datos del estudio longitudinal. El ANOVA determina que no existen diferencias estadísticamente significativas en el número de páginas de las tesis durante el periodo 1975-2002, con un valor  $p$  asociado 0,53.

### A. Ajuste.

Con respecto al ajuste del número de páginas de una tesis doctoral, decir que:

- A. ARIMA (3,1,5) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 368,92
- C. Tendencia lineal:  $-13968,6 + 7,21 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,17$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	20868,2	88,5463		19,7362	
(B)	21615,3	100,03		-7,10543E-14	
(C)	18793,5	95,5588		-3,79633E-13	
(D)	19425,8	103,402		17,4289	
(E)	21130,7	105,123		24,4188	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	144,458	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	147,021	**	OK	OK	*	***
(C)	137,09	***	OK	OK	OK	***
(D)	139,376	**	OK	OK	OK	***
(E)	145,364	**	OK	OK	OK	***

El único modelo que confirman todos los test realizados para este ajuste es el modelo ARIMA, siendo éste además el modelo al que se produce el mejor ajuste: modelo ARIMA (3,1,5) con ajuste matemático de Box-Cox y con un error MAE de 88,54.

Con respecto a los modelo clásico, 3 de ellos ratifican tres tipos de tests (RUNM, AUTO, MEAN), pero el modelos clásico seleccionado, por un menor error, sería el modelo de tendencia lineal  $y = -13968,6 + 7,21 t$ .

Las representaciones gráficas de ambos modelos quedan representadas en la figura 59, en la que podemos observar que ambos modelos establecen una realidad con grandes similitudes.

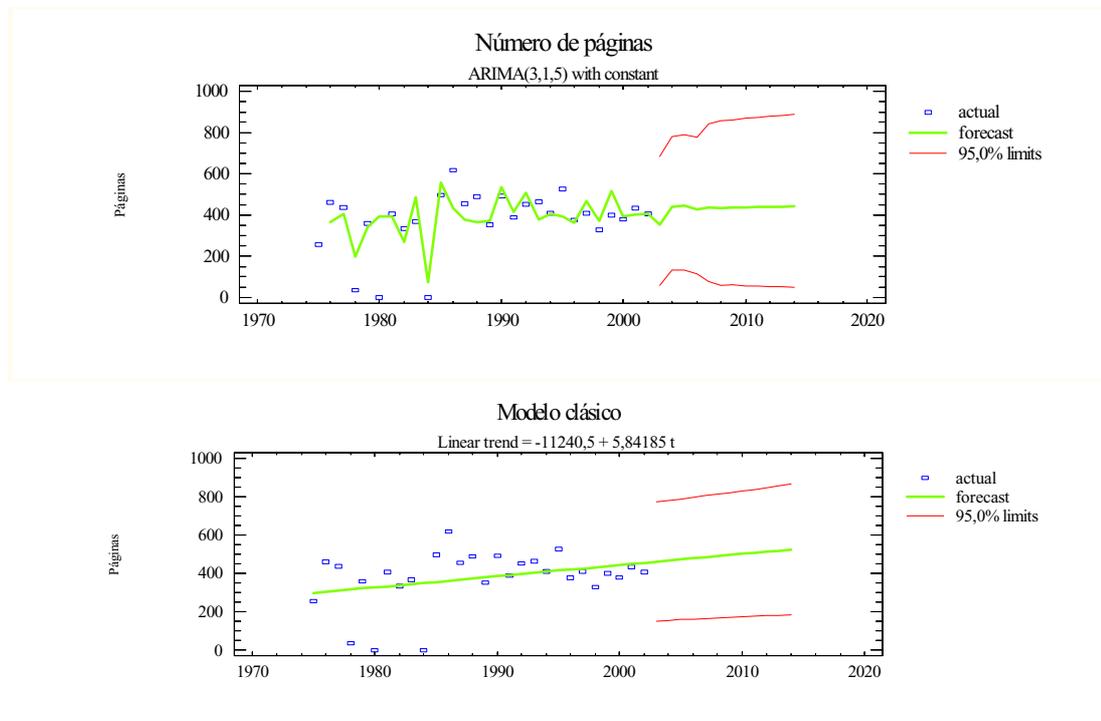


Figura 59. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del número de páginas.

### B. Pronósticos.

El modelo ARIMA (3,1,5) con ajuste Box-Cox nos arroja los siguientes valores-pronósticos:

Tabla 51. Valores-pronósticos del número de páginas.

Pronósticos	Páginas	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	459	147	764
2004	488	177	793
2005	510	196	818
2006	479	161	790
2007	483	124	834
2008	488	128	839
2009	514	154	866

Este modelo determina que la tendencia general del número de páginas va a continuar con una cierta constancia (media de 490), aunque también con fluctuaciones

anuales, arrojando valores anuales similares a los ya obtenidos en años anteriores. Los valores máximos de los límites inferior y superior se sitúan en 196 y 866 respectivamente, y un valor promedio exacto de 488,7. Creemos que sería deseable que las tesis doctorales redujesen su número de páginas, ajustándose a los actuales criterios científicos de otros documentos, donde el aporte real fuese la actualidad y calidad del trabajo más que su extensa recopilación temática; dejando atrás aquella obsoleta definición del año 1944, pero que aún permanece impasible, en el que una tesis debía destacar por su contenido y su extensión (Decreto de 29 de abril de 1944).

Lamentablemente esa reducción no hemos podido verla reflejada en esta tesis, como hubiese sido nuestro deseo, pero las pretensiones y objetivos iniciales han llevado a este largo y prolijo informe.

#### 8.2.20. Variable 20. Evolución diacrónica de la financiación.

La financiación es otro de los aspectos no formales que hemos querido estudiar dentro de las variables cuantitativas. Este aspecto no formal no sólo tiene repercusión directa en el “bienestar del propio investigador”, sino que existen vinculaciones con aspectos como, por ejemplo, la citación.

Tabla 52. Desarrollo diacrónico de la financiación de las tesis doctorales

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Sin fin.</i>	2								
<i>Con fin.</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Sin fin.</i>	1	1	1	2	-	1	1	1	-
<i>Con fin.</i>	-	1	-	-	-	1	2	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Sin fin.</i>	2	7	4	7	6	5	14	11	4
<i>Con fin.</i>	-	-	-	-	-	1	3	-	4
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Sin fin.</i>	13	13	13	15	19	13	15	24	11
<i>Con fin.</i>	3	2	2	3	2	2	4	2	4

La financiación de las tesis doctorales es realmente muy escasa, teniendo un porcentaje realmente irrisorio (14,5%) si lo comparamos con la totalidad de la producción.

Otra de las observaciones a comentar es que la financiación no es un proceso que haya aumentado con el paso del tiempo, únicamente podemos hablar de un máximo de 4 tesis doctorales financiadas por año; y en total 36 disertaciones a lo largo los 28 años que conforman este estudio.

Un dato a destacar es que la primera tesis doctoral financiada en el año 1977, fue la de Jesús López Román, “Condiciones socioculturales en al adquisición del concepto de conservación de la cantidad, sustancia, peso y volúmenes: Psico-génesis de las nociones lógico-matemáticas y físicas”, leída en la Universidad Complutense de Madrid.

En el siguiente gráfico queda representada la evolución de la producción de tesis doctorales con respecto a si han sido financiadas o no.

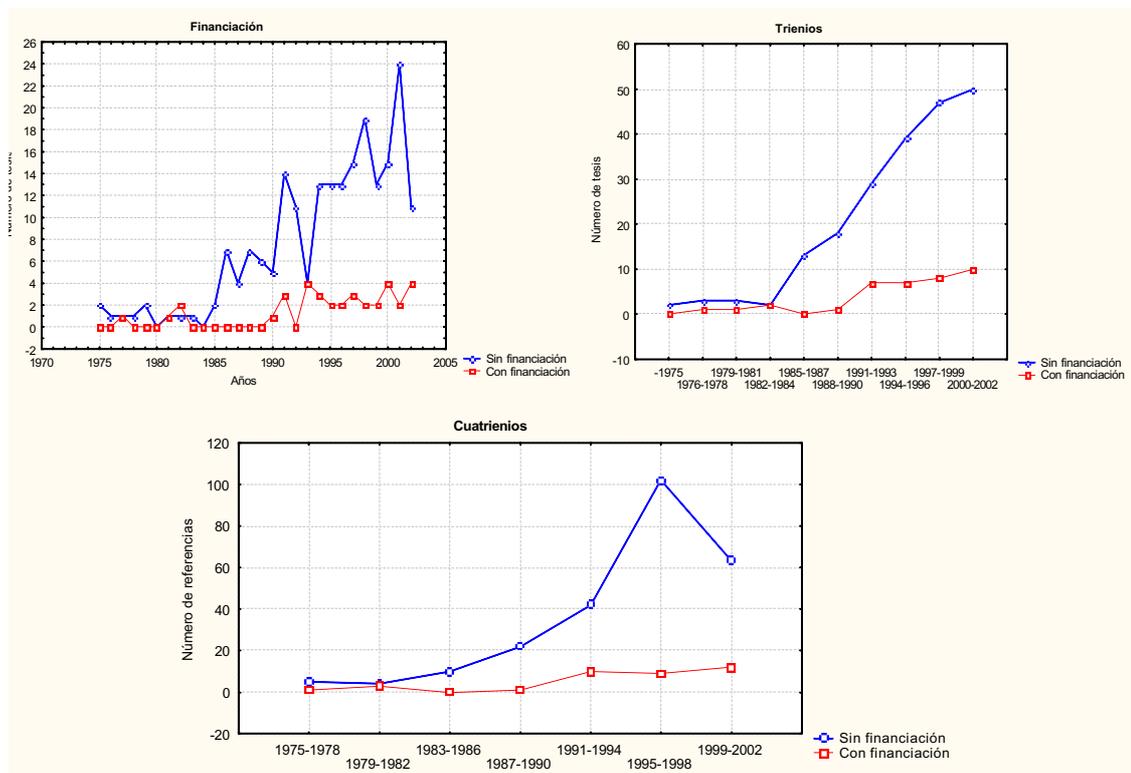


Figura 60. Producción diacrónica de tesis doctorales según financiación (1975-2002).

## A. Ajuste.

El ajuste, en este caso, se realiza únicamente a las tesis que no han recibido financiación, pues aquellas que la recibieron constituyen una serie temporal excesivamente corta. El ajuste es:

A. ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox

B. Media constante = 7,36

C. Tendencia lineal:  $-1393,41 + 0,70 t$

D. Media móvil simple de 5 términos

E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,42$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	9,63807	2,31674		0,0363682	
(B)	44,2381	5,71939		-4,7581E-16	
(C)	11,0701	2,55841		-1,29928E-13	
(D)	17,6174	3,21739		1,91304	
(E)	15,068	2,64218		1,19325	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,10452	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6,65117	OK	**	***	***	***
(C)	3,32718	OK	*	OK	OK	*
(D)	4,19731	OK	OK	OK	OK	***
(E)	3,88175	OK	OK	OK	OK	***

En este caso, el único modelo que ratifica todos los test realizados en el ajuste es el modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox, con una tasa de errores más baja que los restantes modelos.

Como modelo clásico seleccionamos el alisado simple exponencial con  $\alpha$  0,42, pues a pesar de tener una diferencia algo menor en el error tipo MAE con respecto al de tendencia lineal, este ratifica el test rachas excesivas por encima y debajo de la media (RUNM).

La representación gráfica de estos dos modelos de ajuste sería la siguiente:

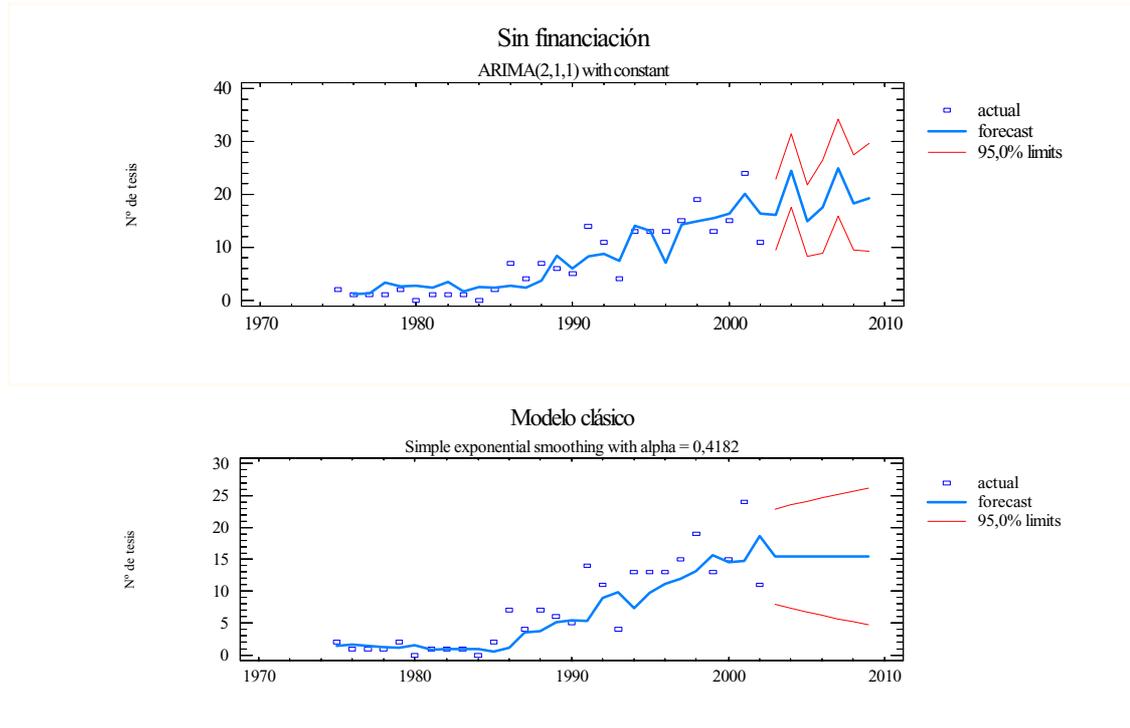


Figura 61. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las tesis no financiadas.

**B. Pronósticos.**

El modelo ARIMA seleccionado como el mejor modelo de ajuste, establece como valores pronósticos:

Tabla 53. Valores-pronósticos de la producción de tesis no financiadas

<b>Pronósticos</b>	<b>No financiación</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	16	9	23
2004	24	17	31
2005	15	8	21
2006	17	9	26
2007	25	16	34
2008	18	9	27
2009	19	9	30

Los valores fijados por el modelo ARIMA determinan que la no financiación de las tesis doctorales va a continuar aumentando de manera fluctuante en este periodo de 7 años. Este crecimiento de la no financiación no implica que la financiación se vaya a reducir aún más, sino que viene determinado por el aumento de la producción general de tesis doctorales. Los valores máximos de los límites inferior y superior van a ser de 17 y 34 tesis doctorales respectivamente.

Este hallazgo nos conduce a pensar que las tesis doctorales, de manera general, son investigaciones que a pesar de su envergadura no reciben demasiadas financiaciones por parte de las administraciones públicas; al menos el caso de las tesis de Educación Matemática. Tal vez para llegar a esta conclusión general tendríamos que analizar también las tesis doctorales pertenecientes a áreas de las llamadas “ciencias duras” para conocer el nivel de financiación que éstas poseen.

### 8.3. Análisis longitudinal de los datos conceptuales.

Uno de los aspectos más interesantes a la vez que complejos, en el análisis bibliométrico, es el estudio de los contenidos, tópicos y materias indagadas por cualquier área científica. Por ello, el gran interés que suscita el descubrir la evolución de las temáticas investigadoras a lo largo del tiempo. Existen distintos sistemas para analizar esos contenidos temáticos o materias:

1. A través de palabras significativas en los títulos o texto.
2. A partir de descriptores (*keywords*) emitidos por los propios autores del informe; estando o no tales descriptores incluidos en un tesoro.
3. A partir de clasificaciones conceptuales ya establecidas, estandarizadas y ampliamente usadas y aceptadas.

En nuestro caso utilizaremos esta última posibilidad, recurriendo a la clasificación emitida por el *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*<sup>2</sup> (ZDM) para la Educación Matemática (véase capítulo 7).

#### 8.3.1. Estructura factorial subyacente en las categorías conceptuales generales.

En esta variable se analiza longitudinalmente todas las categorías temáticas establecidas en el ZDM con la intencionalidad de conocer cuál ha sido la evolución de cada una de ellas a lo largo del periodo analizado (1975-2002).

Hay que aclarar que los valores totales obtenidos son la suma de los sub-tópicos, que agrupan cada una de estas variables conceptuales generales; por lo que los

---

<sup>2</sup> Esta revista alemana *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* emitió junto con el *Fachinfortions Zentrum* de la Universidad de Karlsruhe, esta clasificación temática de contenidos propios de la Educación Matemática.

sumatorios son frecuencias superiores al número de tesis doctorales analizadas en este estudio, ya que cada tesis doctoral puede investigar varios sub-tópicos dentro de una misma variable conceptual.

Tabla 54. Desarrollo diacrónico anual de las variables conceptuales generales

<i>Años<sup>?</sup></i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>K</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>U</i>
1975	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-
1976	-	-	2	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	4	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1
1979	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	1	4	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-
1982	-	1	6	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	-	-	2	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1986	-	2	13	8	-	4	1	-	1	-	-	-	1
1987	-	-	7	4	1	1	-	-	-	-	-	-	1
1988	2	1	8	7	-	4	2	-	-	-	1	-	1
1989	1	2	3	7	-	-	1	-	-	-	-	-	3
1990	-	-	8	15	-	2	1	-	3	-	-	1	1
1991	1	4	20	17	4	3	4	1	-	1	1	2	5
1992	-	2	14	17	2	5	2	2	2	-	-	-	2
1993	1	1	9	10	1	1	3	1	-	1	-	2	1
1994	3	1	22	20	2	2	3	-	3	4	1	1	3
1995	-	3	22	21	3	5	4	1	-	2	-	1	2
1996	3	6	15	22	-	-	8	1	4	2	1	-	3
1997	1	1	24	24	2	5	3	1	2	1	-	-	5
1998	1	4	27	28	1	2	7	3	3	6	2	1	4
1999	3	7	18	30	4	6	3	-	-	2	-	1	6
2000	-	3	28	26	5	7	9	2	5	1	1	4	7
2001	4	6	41	29	-	15	5	5	2	6	1	-	7
2002	-	12	17	18	1	2	4	4	2	1	-	-	9
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>57</b>	<b>318</b>	<b>317</b>	<b>28</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>62</b>

<sup>?</sup>A: General  
 B: Política educativa y sistema educativo  
 C: Psicología de la Educación Matemática  
 D: Educación e instrucción en matemáticas  
 E: Fundamentos de las matemáticas  
 F: Aritmética  
 G: Geometría  
 H: Álgebra  
 I: Análisis  
 K: Combinatoria y teoría de grafos  
 M: Modelos matemáticos  
 N: Matemáticas numéricas  
 U: Materiales y medios educativos

Este análisis muestra que todas las categorías temáticas no han tenido un mismo interés investigador por parte de los doctorandos del campo de la Educación Matemática, produciéndose entre ellas diferencias altamente significativas.

Fundamentalmente destacan los tópicos C (Psicología de la Educación Matemática) y D (Educación e instrucción en matemáticas), que han sido mayoritariamente investigados en todo el periodo de tiempo considerado. Ambos constituyen la base de la investigación en este campo de indagación.

Existen otros tópicos, que no siendo tan indagados como estos anteriores, también han despertado gran interés; tales como: F (Aritmética), G (Geometría), U (Materiales y medios educativos) y B (Política educativa y sistema educativo).

Por último se encuentran aquellas categorías temáticas que han tenido una escasa atención o, de igual forma, su campo de investigación es mucho más actual; comenzándose a realizar investigaciones en la década de los 90. Este es el caso de la categoría K (Combinatoria y teoría de grafos) que comienza a ser considerada de manera sistemática y continua a mediados de los años 90. El tópico menos investigado en las tesis doctorales de Educación Matemática ha sido el de Modelos Matemáticos; siendo indagado en sólo 9 tesis doctorales.

Estos hallazgos nos han aportado un mapa conceptual de la investigación en Educación Matemática a nivel de tesis doctorales, dándonos información sobre cuáles podrían ser los nuevos tópicos a investigar, es decir, cuál sería esa “nueva” agenda de investigación para los investigadores/educadores matemáticos centralizada en los tópicos y sub-tópicos menos indagados..

Además de este estudio longitudinal, se realiza un análisis factorial para identificar la estructura factorial subyacente en este campo, en base a las variables conceptuales que lo determinan. Este primer análisis se realiza con todas las categorías temáticas. La solución factorial se ofrece en la siguiente tabla:

Tabla 55. Análisis factorial de las variables conceptuales generales

Variabes	I (a)	II	III	h <sup>2</sup> Comunalidad
A	0,63	-0,43	-	0,61
B	0,72	-	0,45	0,75
C	0,95	-	-	0,91
D	0,94	-	-	0,90
E	0,57	0,70	-	0,85
F	0,74	-	0,26	0,64
G	0,88	-	-	0,85
H	0,78	-0,30	0,25	0,77
I	0,71	-	-0,28	0,60
K	0,74	-0,39	-0,29	0,80
M	0,63	-	-0,64	0,82
N	0,52	0,76	-	0,89
U	0,88	-	0,34	0,89
?	7,49	1,62	1,18	10,29
%	57,6	12,44	9,07	79%

a significativa = 0.25?

El análisis factorial determina que la investigación en Educación Matemática queda estructurada por tres factores que explican un porcentaje de varianza del 79%.

*Factor I:* General, explica el 57% de la varianza y está saturado por todas las variables conceptuales consideradas, cuyas cargas son superiores a 0.25?

*Factor II:* Se trata de un factor específico que explica el 12,4% de la carga en el espacio factorial y que podemos denominarlo, según los tópicos que cargan en él como: Educación Matemática básica. Contenidos matemáticos y numéricos.

*Factor III:* Factor específico que explica el 9,07% de la varianza. En base a las cargas que lo saturan, podemos denominarlo como: Educación Matemática concreta y práctica vs. Educación Matemática abstracta y teórica.

La representación gráfica de la solución factorial sobre las variables conceptuales sería:

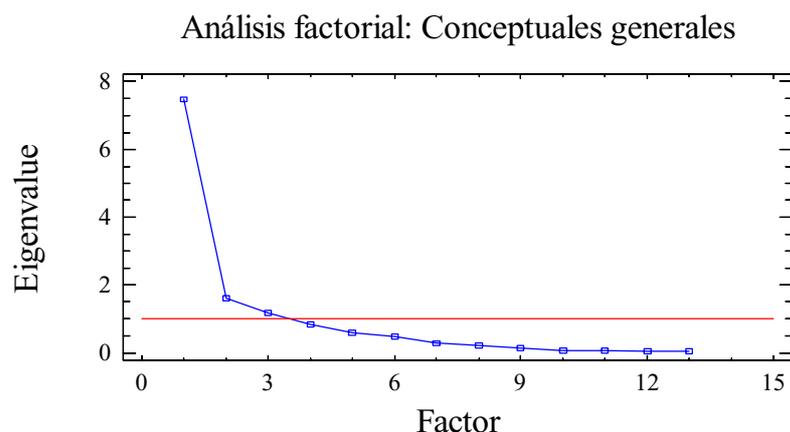


Figura 62. Análisis factorial de las variables conceptuales generales.

Obsérvese que 3 factores [con valores propios (*eigenvalue*) mayores que 1] conforman la estructura del constructo que bien pudiera denominar el marco conceptual de la investigación española en Educación Matemática.

Una solución más ajustada se obtendría, siendo el porcentaje explicado seguramente mayor si sólo realizáramos el análisis factorial con las variables que han sido mayoritariamente estudiadas. A continuación realizamos tal análisis, con tales variables: Política educativa (B), Psicología de la Educación Matemática (C), Educación e instrucción matemáticas (D), Aritmética (F), Geometría (G) y Materiales y medios educativos (U).

Tabla 56. Análisis factorial de las variables conceptuales más indagadas

<b>Tópicos</b>	<b>I (a)</b>	<b>h<sup>2</sup> Comunalidad</b>
B	0,79	0,63
C	0,95	0,89
D	0,95	0,90
F	0,78	0,60
G	0,84	0,71
U	0,92	0,85
?	4,58	
%	76,3%	

En este caso, con un único factor se explica el 76,3% de la varianza, lo que manifiesta la existencia de un constructo unifactorial subyacente al marco conceptual de la investigación en este campo. La representación gráfica sería la siguiente:

Análisis factorial: Variables conceptuales más investigadas

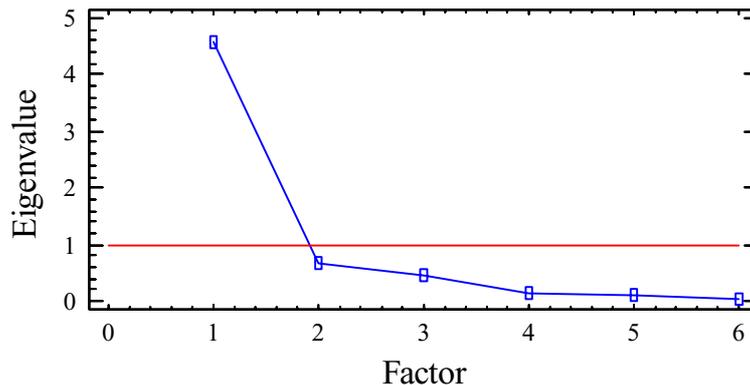


Figura 63. Análisis factorial de las variables conceptuales más indagadas.

En definitiva, esta última solución determina que la investigación en Educación Matemática se configura, a lo largo del tiempo, como un “corpus” consistente, como un constructo unifactorial (marco conceptual), que integra distintas áreas temáticas conceptuales. Además, diacrónicamente se conforma un enfoque general único. Esas seis variables conceptuales constituyen la esencia de la investigación en Educación Matemática y la identifica, a nivel conceptual, como un dominio de investigación monoestructural intensamente buscado (véase Sierpiska y Kilpatrick, 1998). Por tanto, serán estas mismas variables las que analizaremos más en profundidad a nivel longitudinal.

### 8.3.2. Variable 21. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Política educativa.

La variable conceptual de Política educativa y sistema educativo es una de las variables generales más investigadas, concretamente en 57 ocasiones se han estudiado algunos de los sub-tópicos que se agrupan en ella; sub-tópicos tales como: investigación educativa, reformas educativas, proyectos pilotos, documentos oficiales y planes de estudio, entre otros.

Tabla 57. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Política educativa

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Política</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Política</i>	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Política</i>	-	2	-	1	2	-	4	2	1
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Política</i>	1	3	6	1	4	7	3	6	12

El análisis longitudinal de esta variable determina que este tópico ha tenido un crecimiento exponencial muy acentuado a partir de los años 90. Concretamente el año 2002 ha sido el año en el que ha habido un mayor número de investigaciones que han centrado su interés en aspectos de la política educativa y el sistema educativo.

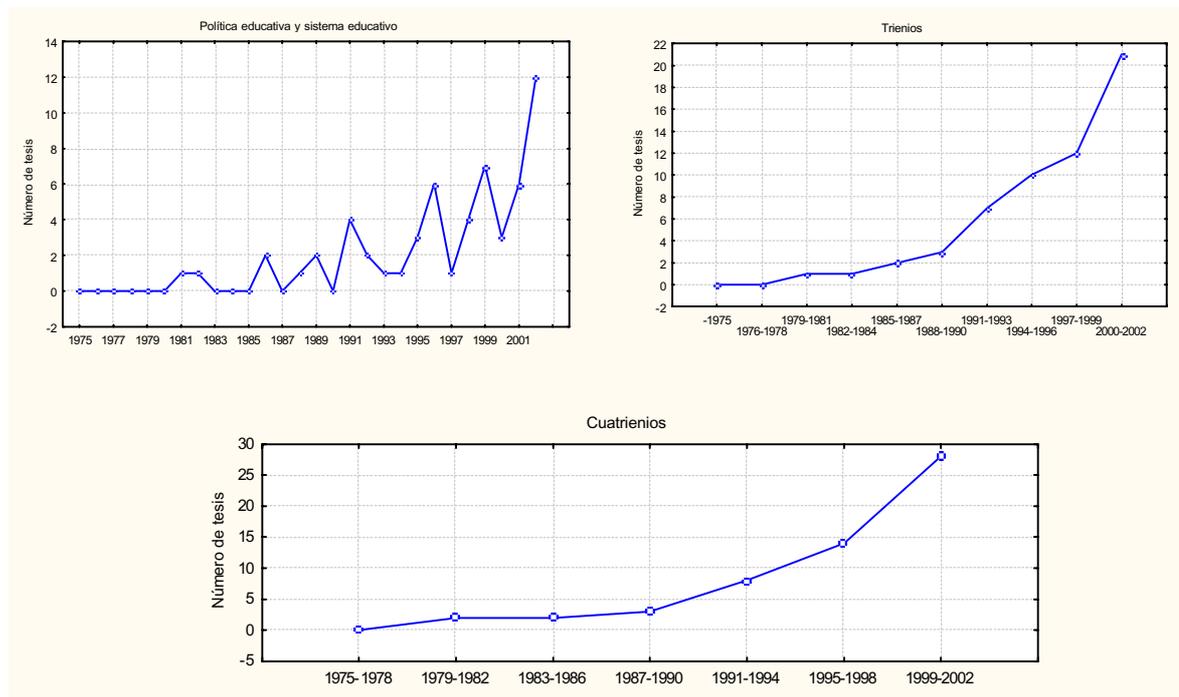


Figura 64. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Política educativa (1975-2002).

Los sub-tópicos que más han sido indagados son los relativos a la formación del profesorado, tanto inicial como permanente; una preocupación *cuasi* constante en la comunidad de investigadores en Educación Matemática. Otro tópico, es el relativo a las

programaciones, guías curriculares, específicamente han sido 17 tesis doctorales las cuales han desarrollado una guía curricular específica para el desarrollo de cualquier tipo de temática relativa a las matemáticas. De este modo, se desarrolla toda una programación curricular que es evaluada, en función de la adquisición de los nuevos conocimientos, con respecto a la otra existente o tradicional.

### A. Ajuste.

El ajuste de esta variable conceptual a los modelos establecidos sería:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,04
- C. Tendencia lineal:  $-503,52 + 0,25 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,43$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,69536	0,82595		0,355435	
(B)	8,03571	2,05102		8,88178E-16	
(C)	3,80265	1,40376		2,43615E-14	
(D)	5,30609	1,5913		0,965217	
(E)	4,53085	1,3664		0,661723	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,64176	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,83473	**	**	*	***	***
(C)	1,95004	*	OK	OK	OK	***
(D)	2,30349	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,12858	**	OK	OK	OK	***

---

En este caso hay un único modelo que ratifica todos los tests realizados en el análisis temporal; este modelo es el ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático Box-Cox y con un error MSE de 2,7. Por tanto, éste sería el mejor modelo de ajuste, y el que nos determinará posteriormente los pronósticos a esperar en esta variable.

Dentro de los modelos denominados clásicos seleccionamos el modelo de tendencia lineal  $y = -503,52 + 0,25 t$ , pues aunque el modelo de media móvil confirma un test más que éste otro, el modelo seleccionado tiene un porcentaje de error menor, tanto del error medio cuadrático (MSE) como del error medio absoluto (MAE).

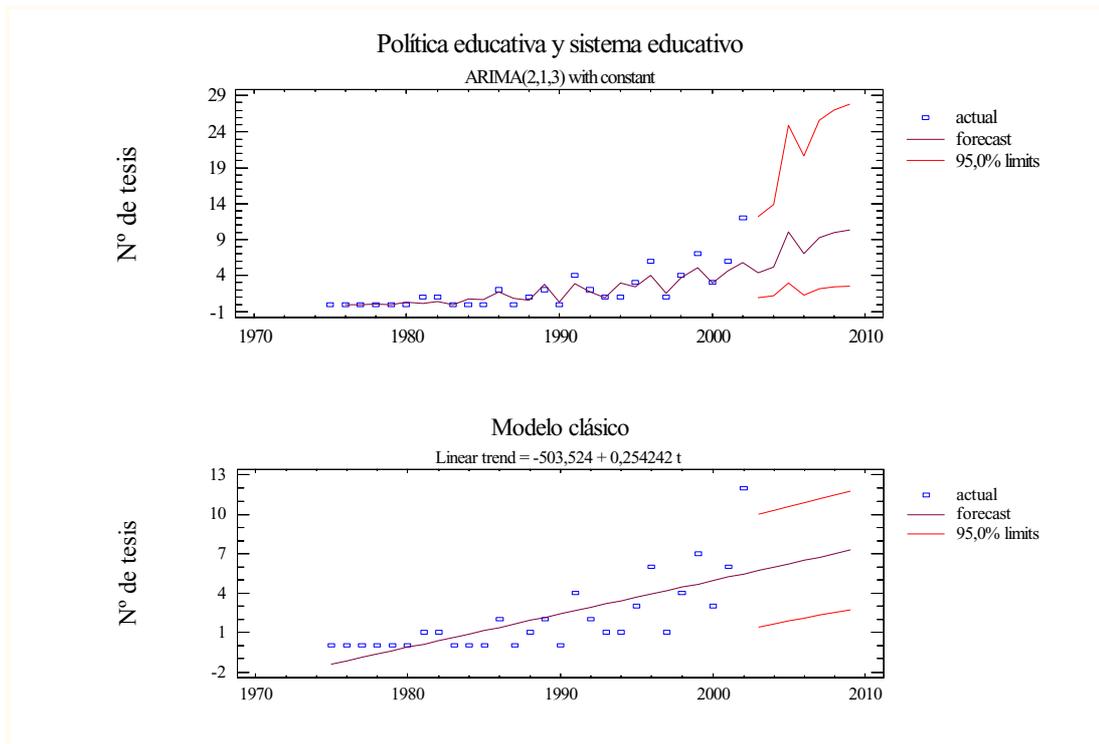


Figura 65. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Política educativa.

## B. Pronósticos.

La representación gráfica de ambos modelos seleccionados (figura 65) concuerda en que esta variable conceptual va a continuar siendo indagadas en los próximos años con un mismo nivel de interés. Para conocer más detalladamente esos pronósticos, se recoge la siguiente tabla.

Tabla 58. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Política educativa

Pronóstico	Política	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	4	1	12
2004	5	1	14
2005	10	3	25
2006	7	1	20
2007	9	2	26
2008	10	2	27
2009	10	3	28

Los valores prospectivos concretados por el modelo ARIMA, denotan que sobre este tópico se van a continuar realizando investigaciones doctorales de una manera creciente y moderada, pero a la vez fluctuante, tal y como ha venido sucediendo hasta ahora. En general no se atisban grandes cambios en torno a esta variable; pues como observamos en esta tabla-resumen, los pronósticos son semejantes a los de años anteriores.

### 8.3.3. Variable 22. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Psicología educativa.

Esta variable conceptual ofrece una panorámica muy interesante desde el punto de vista analítico. A través de este análisis longitudinal se puede comprobar que la psicología se encuentra íntimamente ligada con la Educación Matemática o, dicho de otro modo, que la Educación Matemática es vista en un importante porcentaje, a través de entes psicológicos (por ejemplo, teorías, supuestos e instrumentos).

Tabla 59. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Psicología educativa.

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Psicología</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Psicología</i>	2	4	0	1	0	4	6	2	0
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Psicología</i>	2	13	7	8	3	8	20	14	9
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Psicología</i>	22	22	15	24	27	18	28	41	17

Esta variable ha sido una de las más investigadas, concretamente en 318 ocasiones se han analizado cualquiera de los sub-tópicos que conforman esta categoría temática. El crecimiento explicitado a lo largo de los años ha tenido una fuerte tendencia cuasi-exponencial, cuya “cima” la podríamos situar en el año 2001.

Recordemos que este mismo año es el de mayor productividad general de tesis doctorales, lo que vuelve a ratificar la vinculación Educación Matemática ? Psicología.

En definitiva, este análisis longitudinal determina que, desde los orígenes de este estudio, la Psicología de la Educación Matemática se ha constituido como uno de los elementos centrales a indagar en profundidad.

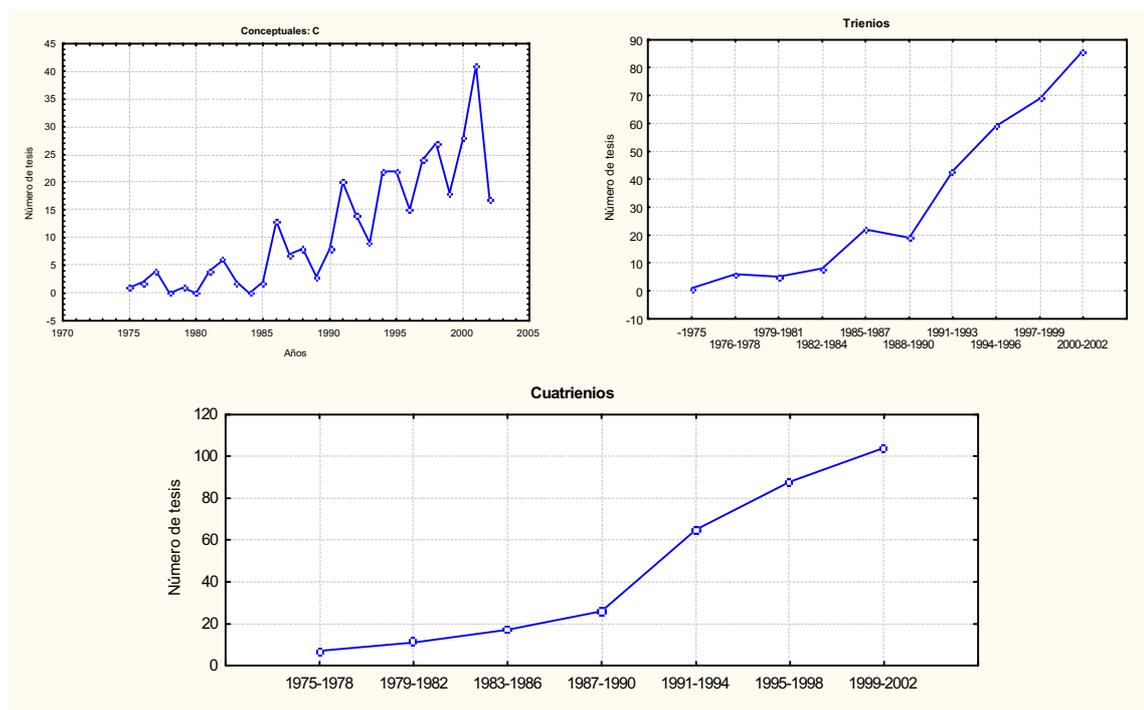


Figura 66. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Psicología educativa.

Los tópicos más investigados, que conforman esta variable, han sido los relativos a los procesos cognitivos y teorías sobre el aprendizaje ( $C_{30}$ ), estudiados en 131 tesis doctoral; y el tópico sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje ( $C_{70}$ ), indagado en 76 tesis doctorales.

Asimismo, estos dos sub-tópicos constituirían las principales preocupaciones en torno a la Educación Matemática, desde un punto de vista psicológico; en definitiva, cómo se desarrollan los procesos cognitivos, y a partir de esa premisa implementar el adecuado proceso de enseñanza y aprendizaje.

**A. Ajuste.**

El ajuste de los datos relativos a Psicología de la Educación Matemática a los modelos seleccionados sería:

- A. Modelo ARIMA (2,2,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 11,36
- C. Tendencia lineal:  $-2181,76 + 1,10 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,39$

---

Estimation Period						
Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE	
(A)	23,3163	3,47898		-0,222504		
(B)	114,016	8,90816		-3,29895E-15		
(C)	32,9263	4,5674		6,49639E-14		
(D)	51,2	5,54783		3,25217		
(E)	45,6465	4,88619		2,14628		

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	4,82869	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	10,6778	OK	***	***	***	***
(C)	5,73814	OK	OK	OK	OK	**
(D)	7,15542	OK	OK	OK	OK	**
(E)	6,75622	OK	OK	OK	OK	***

---

El mejor ajuste se produce al modelo ARIMA (2,2,2) con ajuste matemático de Box-Cox; siendo éste el único modelo que confirma los test realizados y con un menor porcentaje de errores. Con relación a los modelos clásicos, el modelo más apropiado sería el modelo de tendencia lineal, cuya función sería:  $y = -2181,76 + 1,10 t$ . Este modelo clásico verifica todos los supuestos de este análisis, a excepción del test de la varianza, obteniendo un nivel de significatividad media ( $0,01 < p < 0,05$ ), y un menor cuadrático medio (MSE) de 32,93.

Las representaciones gráficas de ambos modelos se recogen en la figura siguiente:

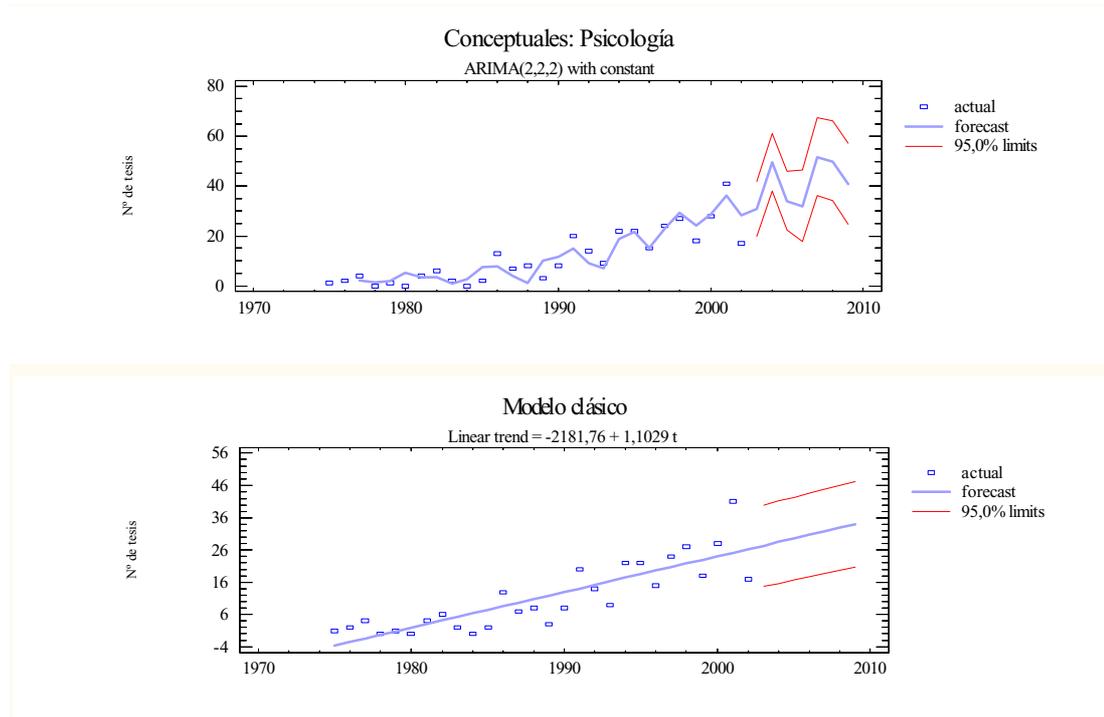


Figura 67. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Psicología educativa.

## B. Pronósticos.

El modelo ARIMA (2,2,2), seleccionado como el modelo al que se produce en mayor ajuste, establece los siguientes pronósticos:

Tabla 60. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Psicología educativa

Pronóstico	Psicología	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	30	20	42
2004	49	38	61
2005	34	22	46
2006	32	18	46
2007	51	36	67
2008	50	34	66
2009	41	25	57

La situación que determina dicho modelo es un crecimiento paulatino con importante fluctuaciones anuales; tal y como ha estado sucediendo hasta ahora. Los valores máximos de los límites inferior y superior son de 38 y 66 respectivamente.

Por tanto, los pronósticos de esta variable conceptual no prevén grandes cambios en el campo de investigación de la Psicología de la Educación Matemática, pronosticando una situación similar a la descrita anteriormente.

8.3.4. Variable 23. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Educación e Instrucción Matemática.

Otra de las categorías temáticas más investigadas es la referente a la educación e instrucción matemática; dividida a su vez en 8 sub-tópicos como: objetivos de la enseñanza, métodos de enseñanza, investigación y resolución de problemas, evaluación del alumnos, entre otros.

Tabla 61. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Educación e Instrucción Matemática

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Educación</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Educación</i>	2	0	0	2	0	3	3	1	2
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Educación</i>	2	8	4	7	7	15	17	17	10
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Educación</i>	20	21	22	24	28	30	26	29	18

Esta variable conceptual presenta un crecimiento muy similar al de la variable anterior, con un crecimiento muy acentuado. En este caso no se puede exaltar un año de mayor indagación sobre esta temática, existiendo a lo largo de todo el periodo un mantenimiento y constancia de la producción sobre la misma.

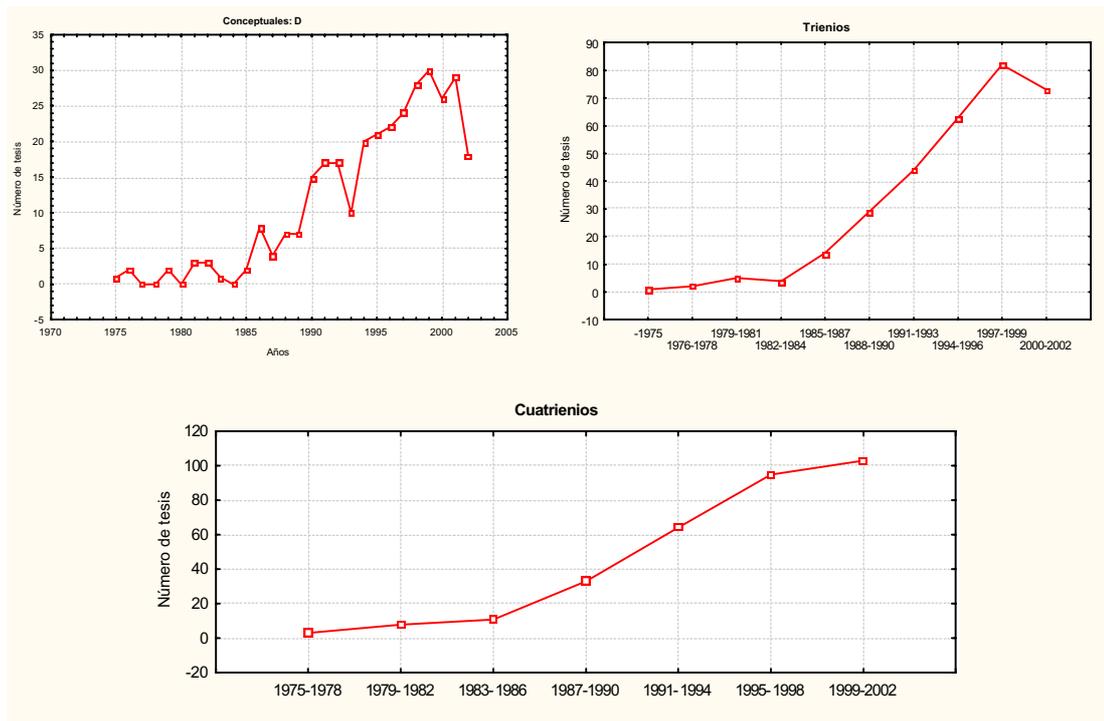


Figura 68. Producción diacrónica anual de la categoría conceptual: Educación e Instrucción Matemática (1975-2002)

En este caso, los tópicos mayoritariamente investigados han sido:

- Objetivos de la enseñanza de las matemáticas ( $D_{30}$ ), indagado en 90 tesis doctorales (36,7%).
- Métodos de enseñanza y técnicas de clase ( $D_{40}$ ), indagado en 52 tesis doctorales (21,2%).
- Investigación y resolución de problemas ( $D_{50}$ ), indagado en 55 tesis doctorales (22,5%).
- Evaluación del alumno ( $D_{60}$ ), indagado en 44 tesis doctorales (18%).
- Diagnóstico, análisis y recuperación de las dificultades de aprendizaje ( $D_{70}$ ), indagado en 41 tesis doctorales (16,7%).

Este hallazgo permite inferir que la investigación relativa a esta categoría temática presenta una amplitud temática más amplia que en la variable anterior, es decir, se produce una mayor representatividad temática a lo largo de los años de estudio.

**A. Ajuste.**

El proceso de ajuste y selección de los modelos más apropiados sería el siguiente:

- A. Modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 11,32
- C. Tendencia lineal:  $-2309,68 + 1,17 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,74$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	16,271	2,94397		0,185683	
(B)	109,263	9,36735		1,45915E-15	
(C)	17,7317	3,40079		3,2482E-14	
(D)	28,4643	4,44348		3,10435	
(E)	16,7038	3,0737		0,946055	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	4,03373	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	10,4529	*	***	***	***	***
(C)	4,2109	OK	*	*	OK	OK
(D)	5,3352	OK	OK	OK	*	**
(E)	4,08703	OK	OK	OK	OK	***

---

De nuevo, en esta ocasión, el mejor modelo de ajuste es un modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox, siendo éste el único modelo con un menor porcentaje de errores y que ratifica todos los supuestos de este análisis.

El modelo clásico al que se produce un mayor ajuste es el modelo de alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,74$ . Este modelo clásico presenta un menor porcentaje de errores que los demás modelos clásicos, y supera más tests que ellos.

De la representación gráfica de este análisis, el primer dato que aporta es que el patrón de crecimiento de esta variable tiene, y va a tener, un carácter más continuo que en el caso de la variable Psicología de la Educación Matemática. Y además un crecimiento en un grado escasamente superior tal y como reflejan las pendientes de crecimiento de las funciones lineales: 1,10 en psicología (arcotangente  $a = 47,7^\circ$ ) y 1,16 en el caso de educación (arcotangente  $a = 47,7^\circ$ ).

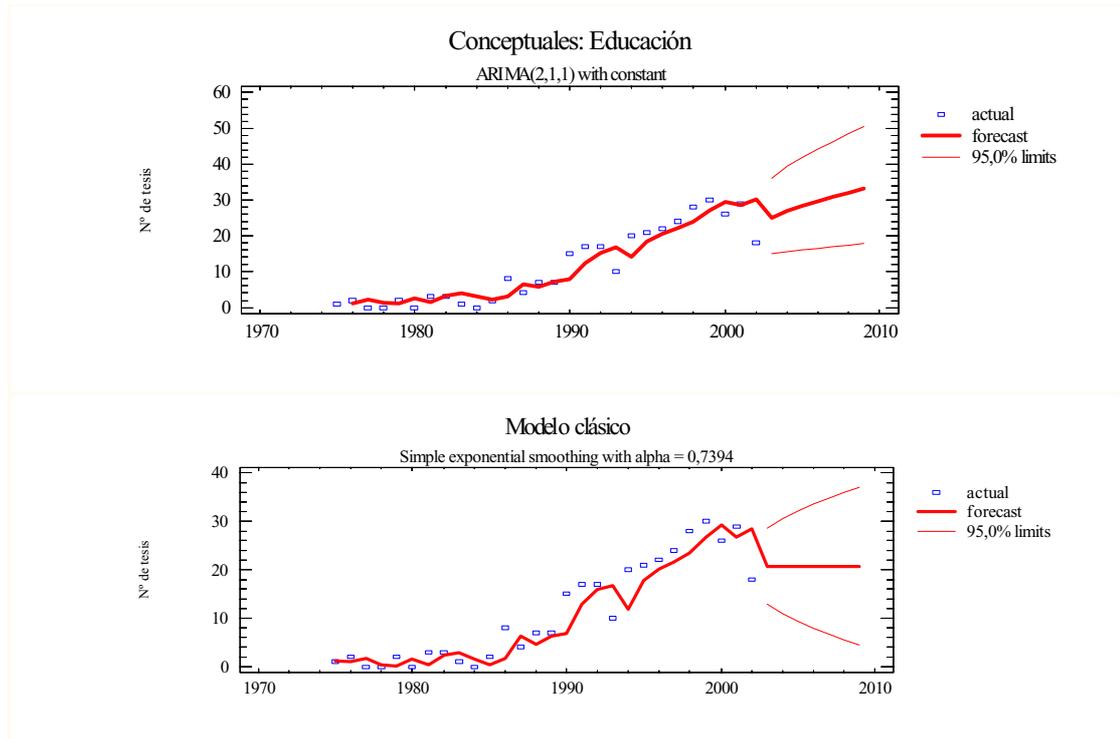


Figura 69. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Educación e Instrucción Matemática.

## B. Pronósticos.

Los valores-pronósticos fijados por el modelo ARIMA para esta variable conceptual son:

Tabla 62. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Educación Matemática.

Pronóstico	Educación	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	24	15	33
2004	24	14	34
2005	26	15	37
2006	28	16	39
2007	29	17	41
2008	30	18	42
2009	32	20	44

Los pronósticos establecen ese crecimiento comentado anteriormente, de un modo continuo, sin fluctuaciones, que tiene su máximo en el último año del periodo

prospectivo (2009). Los valores máximos de los límites inferior y superior serían de 20 y 44, respectivamente.

Una vez que hemos analizado las dos variables conceptuales generales “Psicología de la Educación Matemática” y “Educación e instrucción matemática” hemos podido comprobar que entre ambas existen grandes similitudes con respecto al número de investigaciones que se han centrado en estos tópicos y además semejanzas en sus pronósticos, describiendo ambos una tendencia de crecimiento para los próximos 7 años. Por ello hemos representado en una misma gráfica, la producción diacrónica de las investigaciones realizadas sobre cada uno de estos tópicos; y se ha realizado un análisis de regresión múltiple cuyos resultados se exponen a continuación:

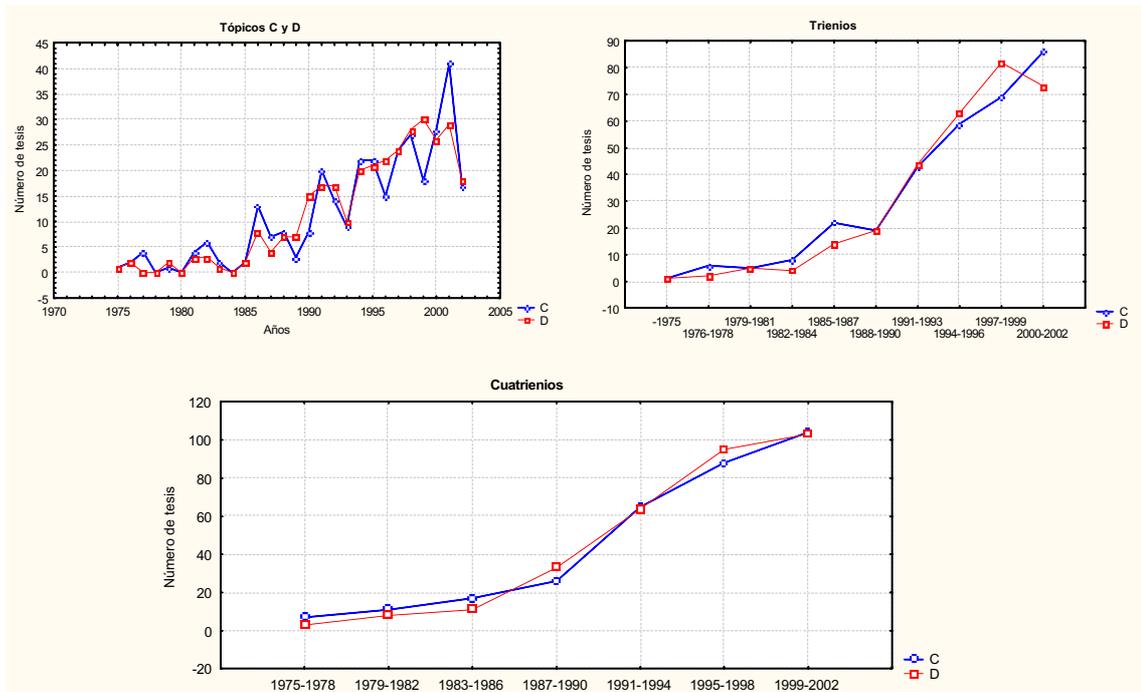


Figura 70. Producción diacrónica de las variables Psicología y Educación (1975-2002).

Este análisis longitudinal de las dos variables conceptuales describe el solapamiento que se produce a lo largo de todo el periodo de análisis, entre ambas temáticas.

Para conocer el grado de solapamiento o correlación, se realiza un análisis de regresión múltiple entre las dos variables. El resultado es:

*Análisis de Regresión Múltiple*

Variable dependiente: Años

Parámetro	Estimación	Error		Valor p
	Típica	T	Estadístico	
CONSTANTE	1980,29	0,96	2069,7	0,00
Psicología	0,03	0,15	0,20	0,84
Educación	0,69	0,16	4,42	0,00

*Análisis de la Varianza*

Fuente	Suma de Cuadrado	g.l.	media cuadrática	Razón F	Valor p
Modelo	1541,95	2	770,98	67,62	0,0000
Residual	285,05	25		11,40	
Total (Corr.)	1827,0	27			

 $R^2 = 84,40 \%$  $R^2$  (ajustado por g.l.) = 83,15 %

Error Típico de Estimación = 3,38

Error Medio absoluto = 2,43

Estadístico de Durbin-Watson = 0,92

A través de este análisis se deduce que estas dos tópicos de investigación se encuentran íntimamente correlacionados ( $R^2 = 0,84$ ;  $R = 0,92$ ), existiendo una fuerte preocupación por parte de los autores de tesis doctorales por relacionar factores psicológicos, que intervienen en el conocimiento, comprensión y análisis de procesos, de la Educación Matemática, con aspectos de la enseñanza de la misma.

## 8.3.5. Variable 24. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Aritmética.

La aritmética es considerada un área esencial de las matemáticas, dedicada a estudiar los números y las operaciones hechas con ellos. Dentro de esta variable se

agrupan sub-tópicos como: Concepto de número y contar, operaciones con números naturales, medida y unidades, números reales, potencia y raíces, etc.

Las revisiones metodológicas y las consideraciones psicológicas sobre la enseñanza de la aritmética tienen un notable antecedente en los antiguos trabajos de Brownell (1930, 1935)

Tabla 63. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Aritmética

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Aritmética</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Aritmética</i>	-	1	-	-	-	-	1	-	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Aritmética</i>	-	4	1	4	-	2	3	5	1
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Aritmética</i>	2	5	-	5	2	6	7	15	2

La variable conceptual de Aritmética ha vivido 3 ciclos de crecimiento claramente diferenciados: un primer periodo que comprende los años 1975-1985 donde se realizan, de manera muy esporádica, tesis doctorales sobre esta temática; el segundo periodo, 1986-1996, donde se denota un mayor interés por parte de los investigadores en estudiar este tópico de investigación. Y por último, el periodo perteneciente a los años 1997-2002 donde el crecimiento de esta temática toma una fuerte tendencia exponencial, que tiene su cúspide en el año 2001, en el que se realizan en 15 ocasiones investigaciones sobre sub-tópicos pertenecientes a esta variable conceptual. Llama poderosamente la atención que al año siguiente esta frecuencia se reduzca a sólo 2.

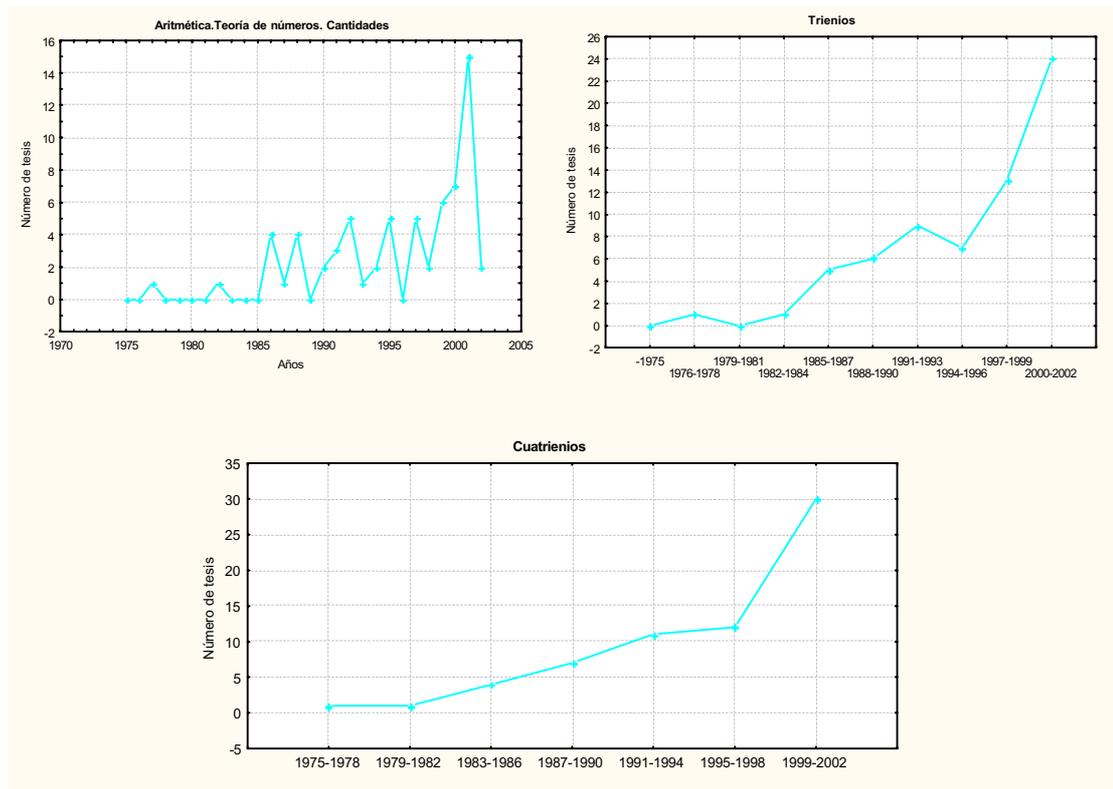


Figura 71. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Aritmética (1975-2002).

En esta variable conceptual los sub-tópicos que han sido investigados con un mayor frecuencia han sido “Trabajos comprensivos sobre aritmética y la enseñanza de la aritmética” (F<sub>10</sub>) y “Etapa prenumérica” (F<sub>20</sub>). Estos dos sub-tópicos son los que se presentan a lo largo del tiempo, con una cierta continuidad en su estudio; aunque esta conclusión no puede ser taxativa debido a su escasa producción.

### A. Ajuste.

A pesar de que la serie temporal que describe esta variable presenta grandes ausencias, sobre todo en los primeros años, hemos realizado el análisis de ajuste a los modelos:

- Modelo ARIMA (1,1,6) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 2,36
- Tendencia lineal:  $-501,57 + 0,25 t$
- Media móvil simple de 5 términos
- Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,25$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	4,7395	1,23131		0,229359	
(B)	10,7566	2,34184		-3,64788E-16	
(C)	6,65749	1,70076		6,09037E-15	
(D)	10,0243	2,08696		0,886957	
(E)	8,55599	1,85409		0,774158	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,17704	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3,27973	OK	***	OK	***	***
(C)	2,58021	OK	OK	OK	OK	***
(D)	3,16613	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,92506	OK	OK	OK	OK	***

Este análisis establece que el mejor ajuste se efectúa al modelo ARIMA (1,1,6) con ajuste matemático de Box-Cox. Este es el único modelo que corrobora todos los tests realizados. Dentro de los modelos clásicos existen 3 modelos, los cuales confirman 4 de los cinco tests realizados; de ellos, el que tiene un menor error medio cuadrático (MSE) es el de tendencia lineal  $y = -501,57 + 0,25 t$ .

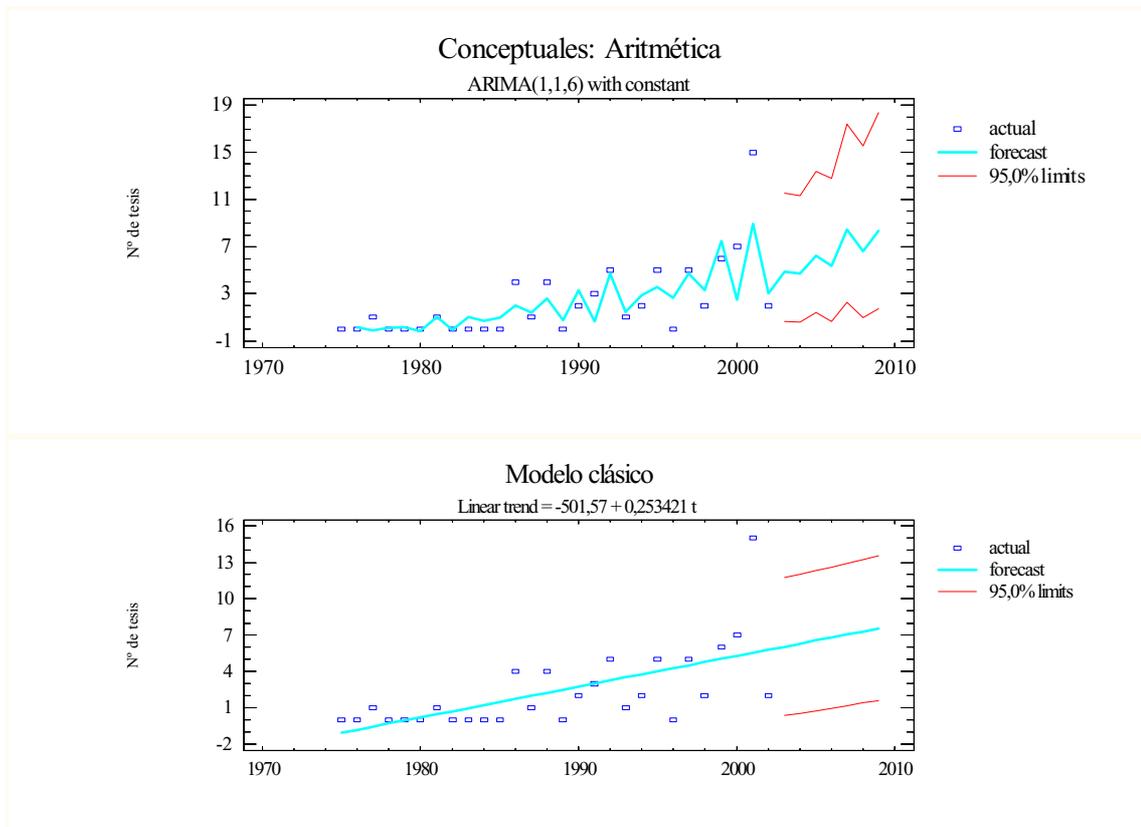


Figura 72. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Aritmética.

## B. Pronósticos.

Determinado que el mejor ajuste de los datos relativos a la variable conceptual Aritmética es el modelo ARIMA; los valores-pronósticos, fijados por tal modelo, son:

Tabla 64. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Aritmética

<b>Pronóstico</b>	<b>Aritmética</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	5	1	11
2004	5	1	11
2005	6	1	13
2006	5	1	13
2007	8	2	17
2008	6	1	15
2009	8	2	18

Los valores obtenidos para los próximos 7 años en relación a la variable de aritmética, son valores que oscilan entre 5 y 8 estudios, estableciendo un cierto crecimiento con respecto al año 2002, pero no sobrepasan el número de investigaciones realizadas el año 2001. Tal vez, este año pueda considerarse un islote con respecto a la tendencia general descrita en los años anteriores y en estos valores prospectivos.

Los valores máximos de los límites inferior y superior se sitúan en 2 y 18 respectivamente.

### 8.3.6. Variable 25. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Geometría.

La variable conceptual de geometría está centrada en el estudio de las propiedades y medidas de las extensiones; y se conforma en 9 sub-tópicos, tales como: Geometría informal, áreas y volúmenes, trigonometría, geometría descriptiva, etc.

Tabla 65. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Geometría

<i>Años</i>	1975								
<i>Geometría</i>	-								
<i>Años</i>	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<i>Geometría</i>	2	1	1	-	-	1	1	-	-
<i>Años</i>	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<i>Geometría</i>	-	1	-	2	2	2	4	2	3
<i>Años</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<i>Geometría</i>	3	4	8	3	7	3	9	5	4

El tópico de Geometría presenta grandes similitudes con respecto a la variable anterior, describiéndose también diferentes patrones de crecimiento (ver figura 73). Durante los años 1975 al 1987 hay un número muy escaso de tesis doctorales que se hayan centrado en este tópico.

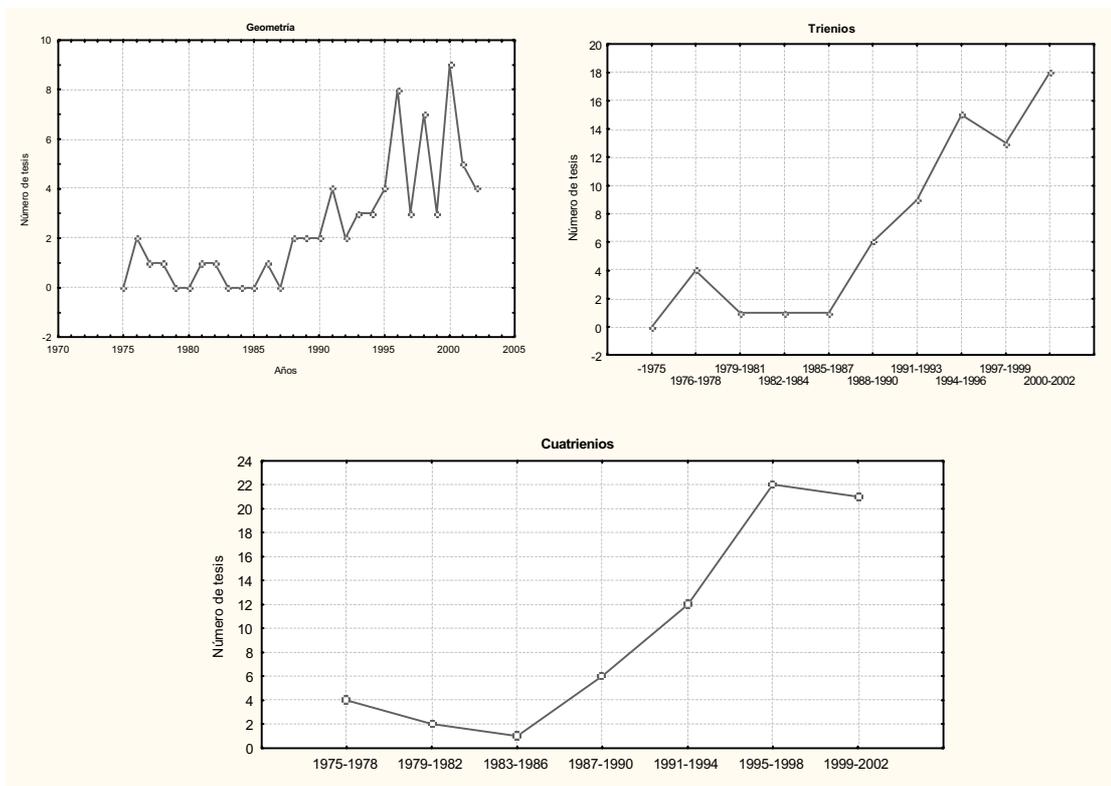


Figura 73. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Geometría (1975-2002).

En un segundo periodo, relativo a los años 1988-2000, el interés por el tema es creciente; llegándose a estudiar en 9 ocasiones alguno de los sub-tópicos que conforman tal variable (2000). En los dos últimos años de este estudio, 2001-2002, aquel crecimiento acelerado decrece adquiriendo un carácter más logístico, con una frecuencia de 4-5.

Los sub-tópicos más investigados durante todo el periodo de estudio, han sido “Textos comprensivos de geometría y la enseñanza de la geometría” ( $G_{10}$ ), indagado en 16 tesis doctorales, “Geometría informal” ( $G_{20}$ ) que ha sido estudiado en 18 tesis doctorales; y por último, “Áreas y volúmenes” ( $G_{30}$ ) en 11 tesis.

Estas tres categorías ( $G_{10}$ ,  $G_{20}$ ,  $G_{30}$ ) comienzan a ser investigadas, de manera continuada, a principios de los 90; por lo que podemos decir que desde ese momento hasta la actualidad han tenido un seguimiento continuo en el ámbito de la Educación Matemática.

### A. Ajuste.

El ajuste de esta variable conceptual a los modelos establecidos sería:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,42
- C. Tendencia lineal:  $-450,33 + 0,23 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,35$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,58103	1,11656		0,0941114	
(B)	6,03175	1,87755		6,66134E-16	
(C)	2,62061	1,20459		4,06024E-15	
(D)	3,12174	1,29565		0,6	
(E)	3,11796	1,27093		0,441636	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,60656	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,45596	*	***	***	***	***
(C)	1,61883	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	1,76684	OK	OK	OK	OK	***
(E)	1,76577	OK	OK	OK	OK	***

---

Los datos obtenidos de la variable de geometría se ajustan de una manera muy análoga a dos modelos: el modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste de Box-Cox, y el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -450,33 + 0,23 t$ .

Estos dos modelos confirman los 5 tipos de tests realizados y tienen unos errores medio cuadrático (MSE) y error medio absoluto (MAE) muy similares. A pesar de ello atendiendo a los resultados de estos errores, seleccionamos como modelo de mayor ajuste el modelo ARIMA.

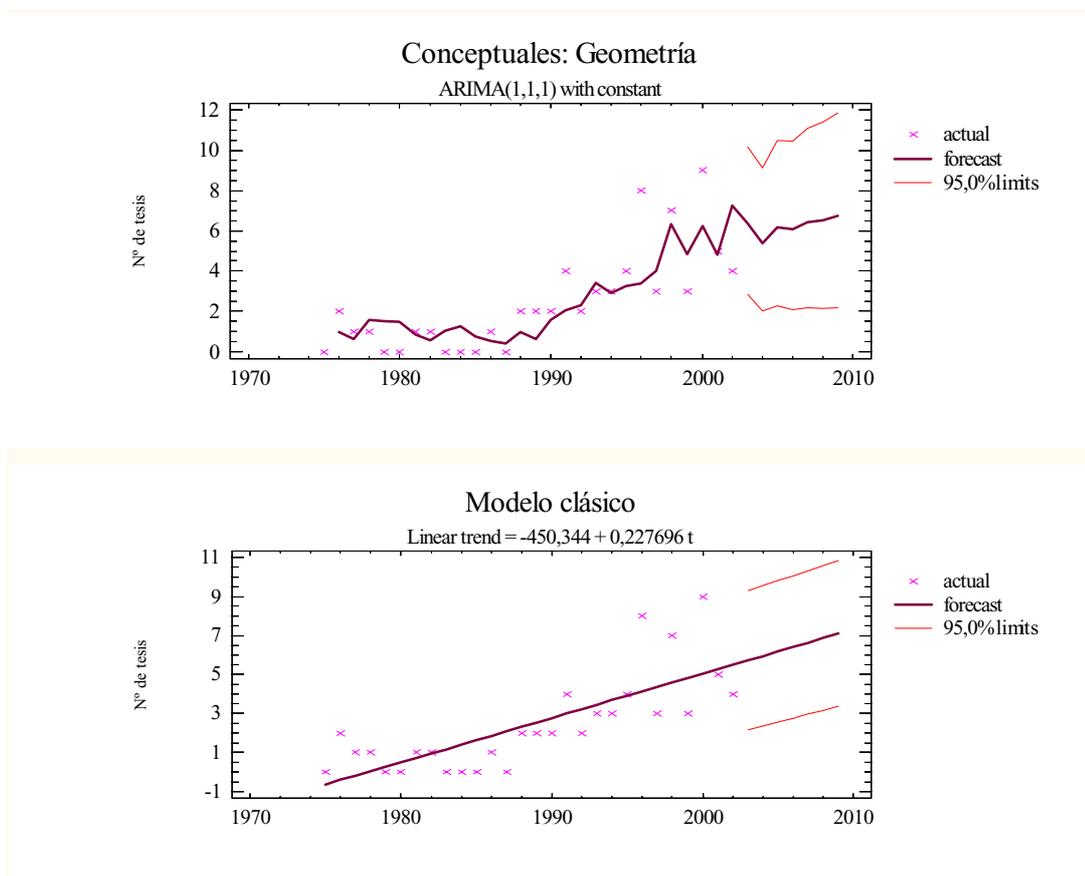


Figura 74. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Geometría

La representación gráfica del modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox confirma que esta variable va a continuar, a corto-medio plazo, en esta situación de estabilidad de crecimiento.

## B. Pronósticos.

Para conocer más detalladamente esa tendencia, se presentan los siguientes valores-pronósticos:

Tabla 66. Valores-pronósticos de la categoría conceptual: Geometría

<b>Pronóstico</b>	<b>Geometría</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	6	3	10
2004	5	2	9
2005	6	2	10
2006	6	2	10
2007	6	2	11
2008	6	2	11
2009	7	2	11

Los valores-pronósticos-concretados por el modelo ARIMA denotan una permanente realización de investigaciones sobre esta variable conceptual, manifestándose una tendencia de estabilidad y continuidad. Los pronósticos para los próximos 7 años determinan como valor promedio 6 estudios anuales.

Por lo general no se atisban grandes cambios en torno a esta variable, continuándose la misma situación descrita en los años 2001-2002.

8.3.7. Variable 26. Evolución diacrónica de la categoría conceptual: Materiales educativos.

En esta variable conceptual se realiza una confrontación entre los materiales educativos más tradicionales, como puede ser el libro de texto, frente al uso de las nuevas tecnologías multimedia.

Los sub-tópicos incluidos en esta variable son: Análisis de los libros de texto, manuales para el profesorado y planificación de ayudas, enseñanza asistida por ordenador y herramientas tecnológicas, entre otras.

Tabla 67. Desarrollo diacrónico anual de la categoría conceptual: Materiales educativos

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Materiales</i>	0								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Materiales</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Materiales</i>	0	1	1	0	2	2	5	2	1
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Materiales</i>	3	2	3	5	4	6	8	7	9

Esta categoría temática no comienza a ser investigada, de manera prolongada, hasta el año 1986 y será a partir de este año donde de una manera creciente se siga investigando hasta la actualidad. Es de resaltar que en los últimos años de este estudio, su interés se ha visto incrementado, fundamentalmente en lo relativo a la enseñanza a través de las nuevas tecnologías.

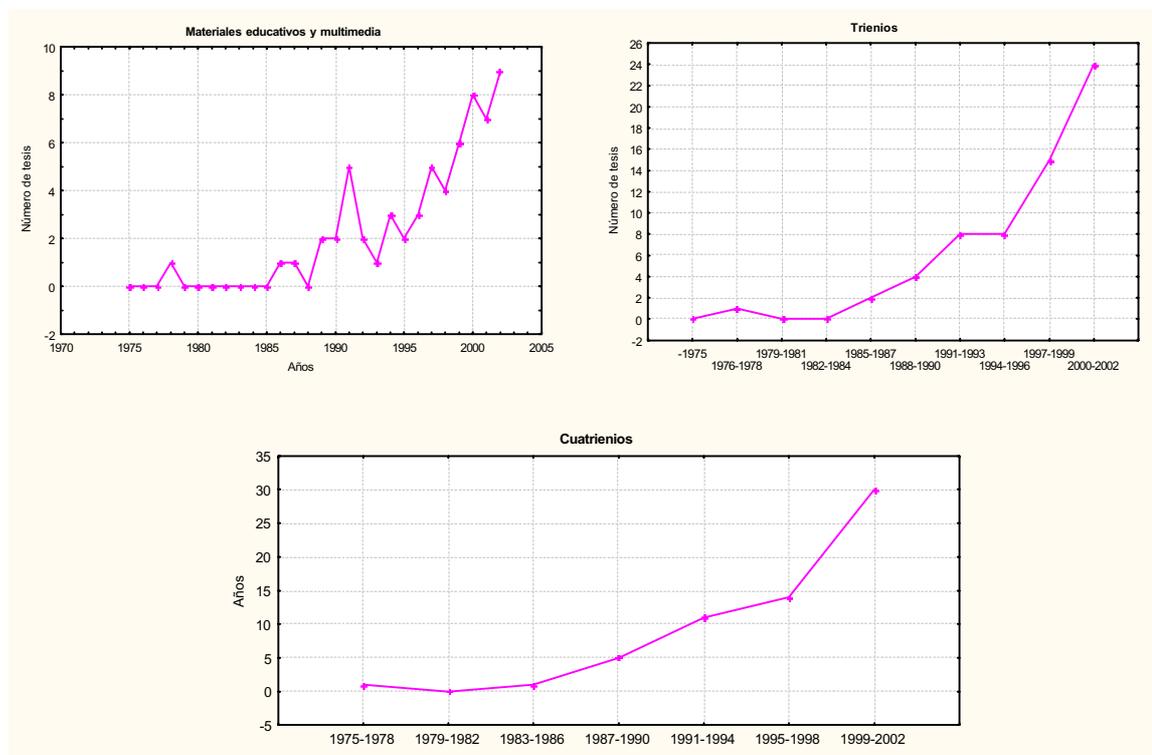


Figura 75. Producción diacrónica de la categoría conceptual: Materiales educativos (1975-2002).

Los sub-tópicos más investigados son el relativo a los libros de texto ( $U_{20}$ ) analizado en 20 tesis doctorales, y el de herramientas tecnológicas ( $U_{70}$ ), indagado en 22 de ellas. Este dato es muy revelador, pues dos tipos de materiales educativos tan distintos y distantes en el tiempo quedan equipados en un mismo nivel de interés por parte de los investigadores.

Este hallazgo es totalmente contrario al que en el año 2002 llegamos a este mismo respecto (Vallejo, 2002); cuando se analizó las mismas variables hasta el año 1998 y se obtuvo que el libro de texto era el material educativo analizado por excelencia y las nuevas tecnologías quedan en un segundo plano. Este dato nos indica el gran avance realizado a este respecto, en sólo cuatro años.

### A. Ajuste.

Los datos obtenidos de la variable materiales educativos y multimedia se ajustan a los modelos:

A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox

B. Media constante = 2,21

C. Tendencia lineal:  $-553,96 + 0,28 t$

D. Media móvil simple de 5 términos

E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,71$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,12143	0,723042		0,177926	
(B)	7,28571	2,14796		-8,24737E-16	
(C)	2,06888	1,1653		2,84217E-14	
(D)	3,06261	1,27826		0,982609	
(E)	1,71145	0,913243		0,422678	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,05898	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,69921	**	***	***	***	***
(C)	1,43836	OK	**	OK	OK	OK
(D)	1,75003	OK	**	OK	OK	**
(E)	1,30822	OK	OK	OK	*	***

El mayor ajuste se produce al modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático Box-Cox, confirmando este modelo los 5 test realizados en este análisis, y con un menor porcentaje de errores ( $MSE = 1,12$ ). En relación a los modelos clásicos, el

modelo con un menor error cuadrático, y por tanto al que se produce el mejor ajuste es el modelo alisado simple exponencial con  $\alpha$  0,71.

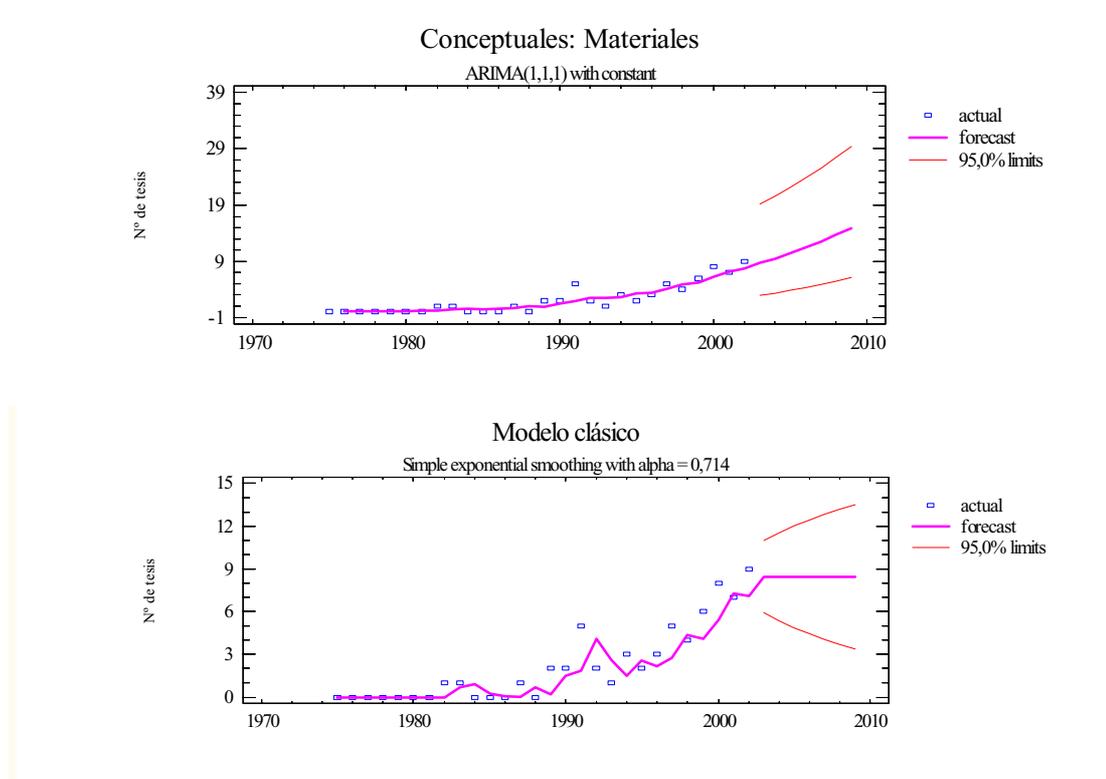


Figura 76. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la categoría conceptual: Materiales educativos

**B. Pronósticos.**

Los valores prospectivos según el modelo ARIMA establecen para los próximos 7 años que:

Tabla 68. Valores pronósticos de la categoría conceptual: Materiales educativos

Pronóstico	Materiales	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	9	3	19
2004	9	3	10
2005	10	4	22
2006	11	4	23
2007	12	5	25
2008	13	5	27
2009	15	6	29

Se produce un crecimiento exponencial con carácter continuo y sin ningún tipo de fluctuaciones, denotando una línea de crecimiento más parecida a un modelo de los denominados clásicos, que a un modelo ARIMA (ver figura 76). Los valores máximos de los límites inferior y superior se sitúan en 6 y 29 respectivamente.

#### 8.4. Análisis longitudinal de los datos metodológicos.

El análisis longitudinal de las variables metodológicas aportará información sobre los cambios que se han producido en el *modus operandi* para realizar la propia investigación; es decir, en su método, técnicas y procedimientos.

##### 8.4.1. Variable 27. Evolución diacrónica de paradigmas o enfoques metodológicos.

La preocupación por la cuestión específica de los paradigmas metodológicos no es ajena a la investigación española en Educación Matemática; pues ya en Septiembre de 1987 se celebra en Valencia el II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, bajo el título: “Los paradigmas de la Enseñanza/Aprendizaje y la investigación en la didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas.

Tabla 69. Desarrollo diacrónico anual de los paradigmas de investigación

Años	1975								
<i>Nomotético</i>	-								
<i>Interpretativo</i>	-								
<i>Crítico</i>	-								
<i>Mixto</i>	1								
Años	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<i>Nomotético</i>	2	2	-	1	-	1	1	1	-
<i>Interpretativo</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Crítico</i>	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Mixto</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Años	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<i>Nomotético</i>	-	4	2	2	1	4	6	1	-
<i>Interpretativo</i>	-	1	-	4	4	2	5	6	4
<i>Crítico</i>	-	-	1	-	-	-	2	1	-
<i>Mixto</i>	2	2	1	1	1	-	4	3	4
Años	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<i>Nomotético</i>	4	4	2	2	2	4	3	11	4
<i>Interpretativo</i>	4	4	8	8	9	7	9	8	4
<i>Crítico</i>	1	-	1	3	2	-	2	1	1
<i>Mixto</i>	7	7	4	5	8	4	5	6	6

Este primer análisis descriptivo expone ciclos bien manifiestos, inferibles a través del análisis gráfico-visual, a saber:

- Un predominio inicial del paradigma nomotético hasta el año 1987; y curiosamente se produce, en el año 2000, un nuevo crecimiento de este paradigma.
- La emergencia del paradigma interpretativo a finales de los años 80, que se hará predominante hasta la actualidad.
- A principios de los 90 comienza a realizarse tesis doctorales desde una visión complementarista.
- La escasa relevancia del paradigma crítico en la Educación Matemática.

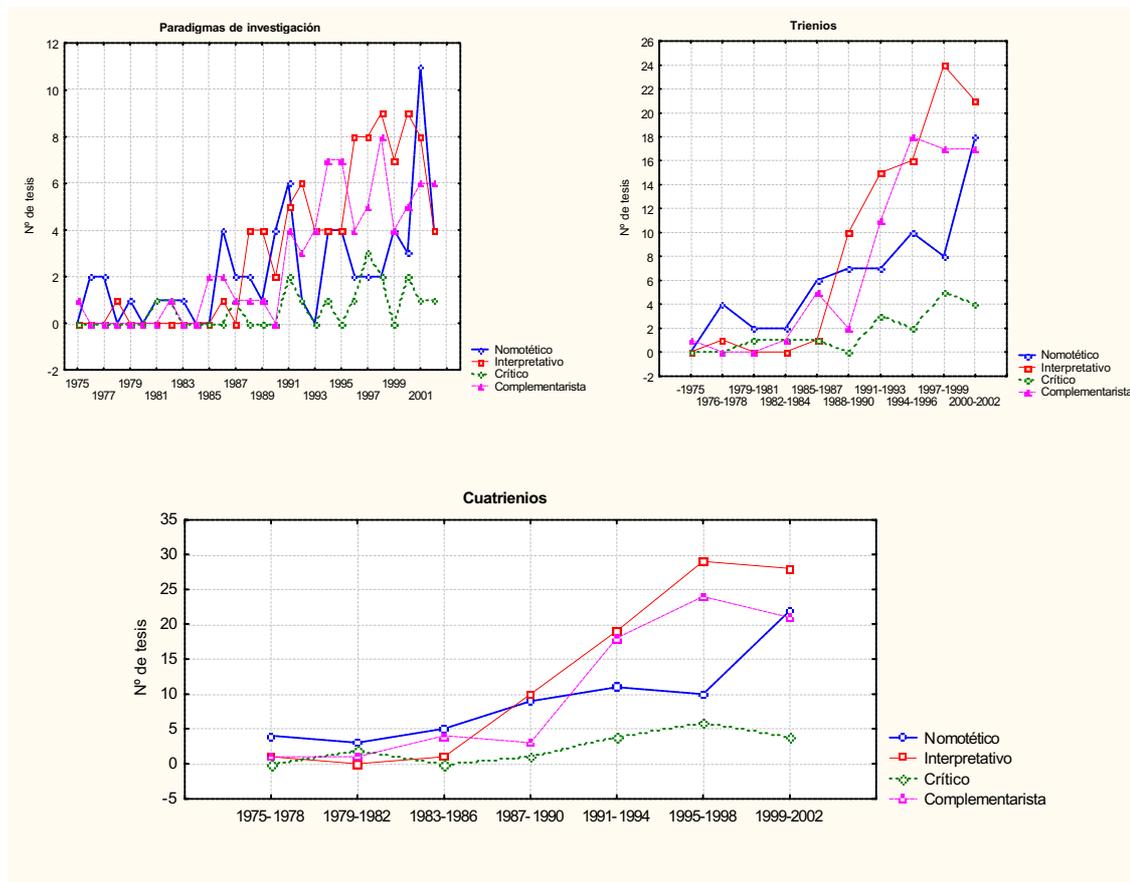


Figura 77. Desarrollo diacrónico de los paradigmas (1975-2002).

En definitiva, en estas series longitudinales, en cierto modo, se visualiza la guerra de paradigmas expuesta por Kuhn, en el año 1975, y su explicitación en el campo de las ciencias de la educación (Gage, 1989, Smith y Heshusias, 1986). La investigación

en Educación Matemática tampoco ha sido ajena a esta confrontación inter-paradigmática, como testimonia Romberg (1992), que junto a las malas interpretaciones de tales paradigmas llevaron a Kilpatrick, en 1981, a hablar de la “razonable ineffectividad de la investigación en Educación Matemática”. Hallazgos iniciales para la Educación Matemática española fueron avanzados por Torralbo, Vallejo y Fernández Cano (2001), en la que se visualiza tanto paradigmas como referentes teóricos de la investigación española en Educación Matemática hasta el año 1998.

Pero al par también se constata la emergencia de un nuevo paradigma, que hemos llamado mixto, producto de la fertilización cruzada de los otros, según las diversas conceptualizaciones de Carraher (1989 y Salomón (1991).

### A. Ajuste.

Realizado este análisis diacrónico de los diferentes paradigmas o enfoques metodológicos, se realiza el ajuste de cada uno de ellos. En relación al paradigma nomotético el ajuste es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,29
- C. Tendencia lineal:  $-325,32 + 0,16 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,22$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,83643	1,23532		0,0384807	
(B)	5,54497	1,67347		7,29575E-16	
(C)	3,85093	1,33316		4,06024E-15	
(D)	5,2313	1,44348		0,591304	
(E)	4,86127	1,42798		0,559563	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,95868	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,35478	OK	**	OK	***	***
(C)	1,96238	OK	OK	OK	OK	***
(D)	2,2872	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,20483	OK	OK	OK	OK	***

Las tesis doctorales realizadas desde un enfoque nomotético se ajustan, de manera determinante, al modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste Box-Cox. Este es el único

modelo que verifica todos los tests realizados para este análisis, con un error medio cuadrático (MSE) de 3,84. Con un error de MSE = 3,85; que no confirma el test de homocedasticidad de la varianza (1ª parte-2ª parte), se encuentra el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -325,32 + 0,16 t$ . Por tanto, de los modelos clásicos se selecciona éste como el modelo más ajustado.

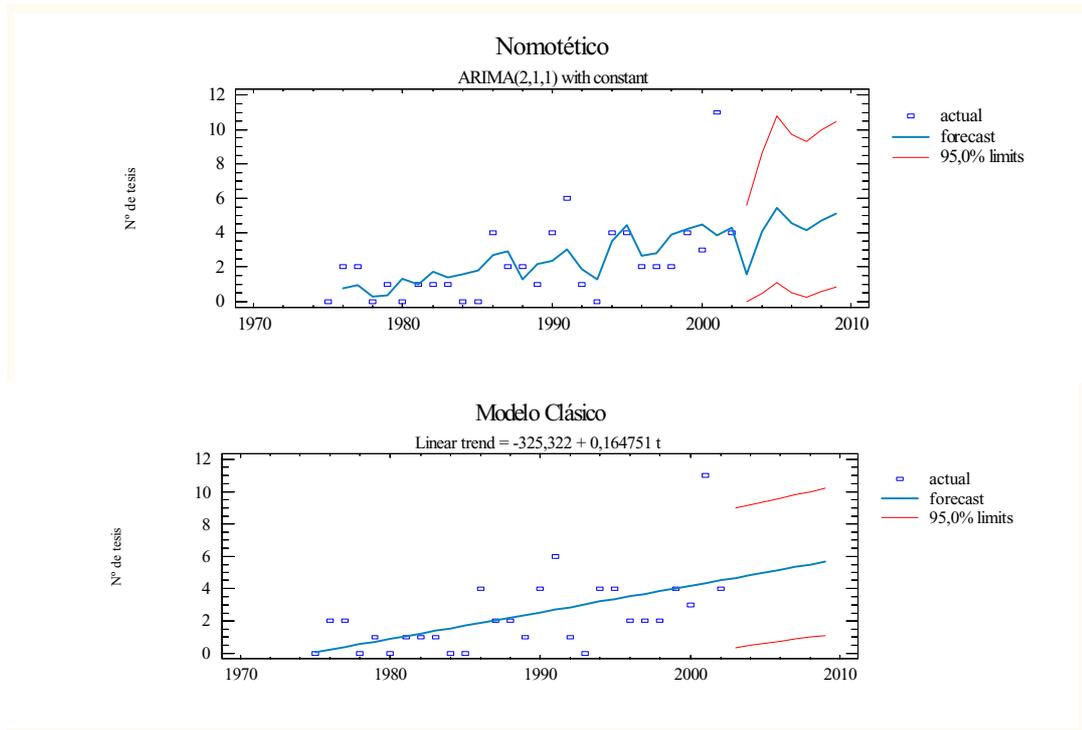


Figura 78. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma nomotético.

Las tesis realizadas bajo el paradigma interpretativo se ajustan a los modelos:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 3,14
- C. Tendencia lineal:  $-686,9 + 0,35 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,66$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,6521	1,14051		0,136998	
(B)	10,7196	2,85714		-6,50273E-16	
(C)	2,66999	1,35054		3,2482E-14	
(D)	4,07304	1,37391		0,852174	
(E)	2,75815	1,10809		0,291597	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,62853	OK	OK	OK	OK	**
(B)	3,27408	***	***	***	***	**
(C)	1,63401	OK	**	OK	OK	OK
(D)	2,01818	OK	*	OK	OK	***
(E)	1,66077	*	OK	OK	OK	**

En el caso del paradigma interpretativo ninguno de los modelos verifica totalmente todos los supuestos realizados. Recordemos que este paradigma no comienza a utilizarse hasta el año 1986, obteniendo una serie temporal con ausencias en los 10 años iniciales, lo cual justifica la no verificación del supuesto de homocedasticidad. En cualquier caso, el modelo al que mejor se ajusta es el modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox. Con respecto a los modelos clásicos, el mejor ajuste se produce al modelo de tendencia lineal  $y = -686,9 + 0,35 t$ .

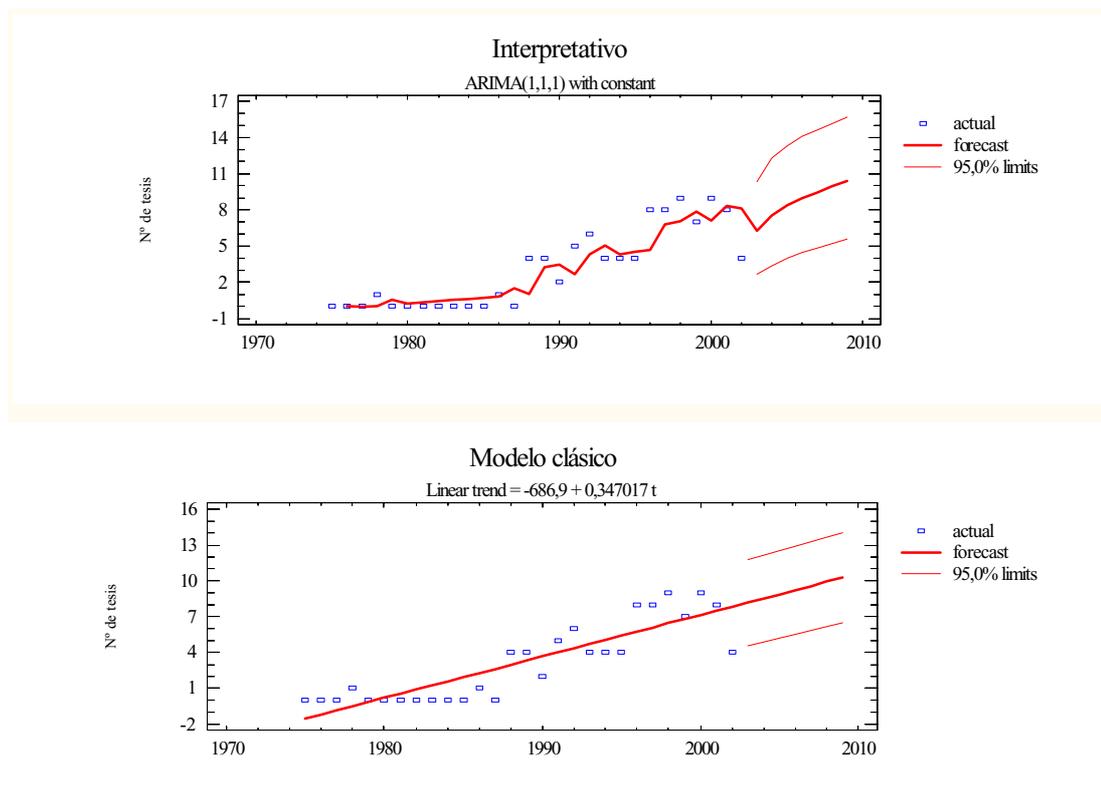


Figura 79. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma interpretativo.

Del análisis de ajuste del paradigma crítico destacar:

- A. Modelo ARIMA (5,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 0,61

- C. Tendencia lineal:  $-107,69 + 0,05 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,19$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	0,494448	0,467809		0,0677152	
(B)	0,691799	0,693878		1,34813E-16	
(C)	0,509989	0,526273		-8,12049E-15	
(D)	0,770435	0,686957		0,147826	
(E)	0,630364	0,554699		0,182572	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	0,70317	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	0,831745	***		OK	***	***
(C)	0,714135	**	OK	OK	OK	**
(D)	0,877744	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	0,793954	**	OK	OK	OK	***

También en esta ocasión se obtiene una serie temporal corta, con un periodo de productividad muy limitado. Pero en este caso, si se produce un ajuste total a dos modelos, debido a las escasas diferencias de producción a lo largo de los años. La ausencia de producción se contrapone con una o dos tesis doctorales, lo que no provoca grandes diferencias temporales.

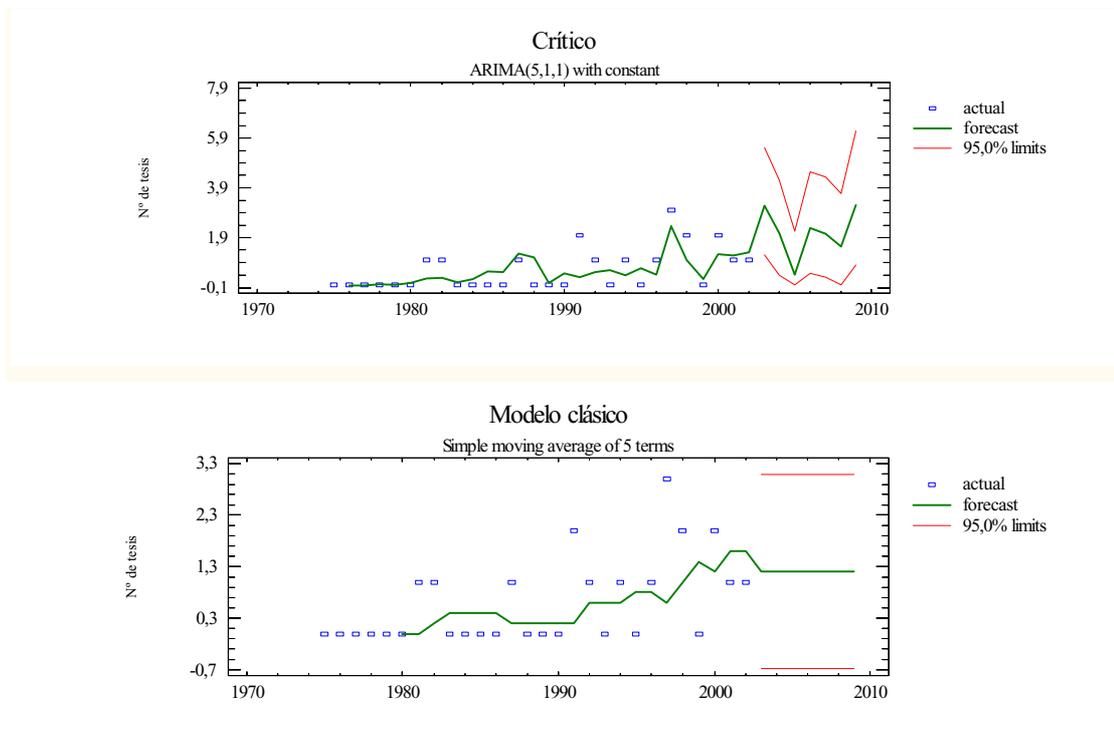


Figura 80. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma crítico.

Con respecto al paradigma crítico, el modelo de mayor ajuste es el modelo ARIMA (5,1,1) con ajuste de Box-Cox. Y de los modelos clásicos, destacar el modelo de media móvil de 5 términos.

Por último, el paradigma complementarista se ajustaría a los modelos:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,54
- C. Tendencia lineal:  $-541,12 + 0,27 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,54$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,97885	0,880779		0,109537	
(B)	6,99868	2,32653		6,66134E-16	
(C)	2,01544	1,0234		-4,87229E-14	
(D)	3,10957	1,21739		0,730435	
(E)	2,19409	0,96241		0,350349	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,40672	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,6455	***	***	***	***	***
(C)	1,41966	***	OK	OK	OK	*
(D)	1,7634	**	OK	OK	OK	*
(E)	1,48124	**	**	OK	OK	***

---

El único modelo que ratifica todos los tests realizados es el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste Box-Cox, con un error medio cuadrático (MSE) de 1,99. Siendo, por tanto este modelo el seleccionado como el modelo de mayor ajuste a esta distribución.

De los modelos clásicos, seleccionar uno no es tarea fácil, pues ninguno de ellos presenta un buen ajuste. Atendiendo a un menor error (MSE = 2,02) y una mayor verificación de los tests realizados en tal análisis (RUNM, AUTO, MEAN), se elige el modelo de tendencia lineal  $y = -541,12 + 0,27 t$ .

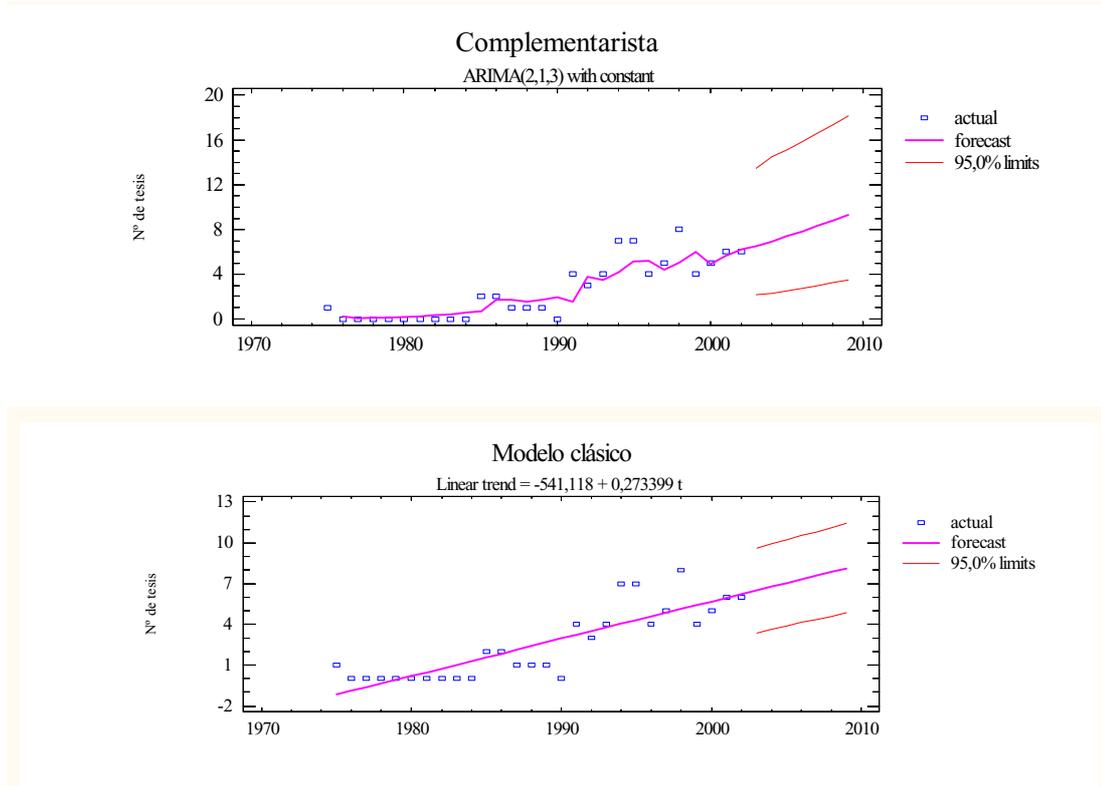


Figura 81. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del paradigma complementarista.

**B. Pronósticos.**

Una vez efectuados los ajustes de los diferentes paradigmas, se presenta los valores-pronósticos determinados por los modelos ARIMA seleccionados como los mejores ajustes:

Tabla 70. Valores-pronósticos de los paradigmas

Pronósticos	Paradigmas				Límite inferior				Límite superior			
	No	In	Cr	Co	95,0%				95,0%			
2003	2	6	3	6	0	3	2	2	5	10	5	13
2004	4	7	2	7	1	3	1	2	9	12	3	14
2005	5	8	1	7	1	4	0	2	11	13	2	15
2006	4	9	2	8	1	4	1	3	10	14	4	16
2007	4	9	2	8	1	5	1	3	9	14	4	16
2008	5	10	1	9	1	5	0	3	10	15	3	17
2009	5	10	3	9	1	5	1	4	10	16	5	18

De la tabla de valores destacar:

- Los paradigmas interpretativo y complementarista interrumpen con gran fuerza y manifiestan patrones de crecimiento acelerados. En consecuencia parecen ser los enfoques predominantes en el futuro. Incluso cuando visualizamos el límite superior (al 95%), previsión más optimista, del paradigma complementarista su producción será siempre mayor que la del interpretativo.

- El paradigma nomotético seguirá creciendo en menor cantidad y a menor ritmo. El paradigma crítico se mantendrá, pero a un ritmo de crecimiento anodino.

Tales patrones de crecimiento pueden ser ratificados, en cierto modo, si observamos las pendientes de los modelos lineales (no siempre los más ajustados), de cada uno de los paradigmas: Paradigma interpretativo ( $a_{in} = 0,35$ ;  $?_{in} = 19^\circ$ ); paradigma complementarista ( $a_{co} = 0,27$ ;  $?_{co} = 15^\circ$ ); nomotético ( $a_{no} = 0,16$ ;  $?_{no} = 9^\circ$ ) y crítico ( $a_{cr} = 0,05$ ;  $?_{cr} = 3^\circ$ ).

#### 8.4.2. Variable 28. Evolución diacrónica de teorías.

La principal finalidad de realizar un análisis en torno a esta variable es la de identificar las principales corrientes teóricas desde o para las que se han elaborado las investigaciones objeto de estudio.

Las diferentes teorías han sido agrupadas en: Teorías educativas/pedagógicas, eminentemente centradas en la enseñanza; teorías psicológicas, centradas en el aprendizaje; teorías matemáticas, centradas en el contenido matemático y una categoría miscelánea de otras teorías. Esta clasificación arranca del trabajo de Orton (1990)<sup>?</sup> en el que se discute extensamente la polémica, en el campo de la Educación Matemática, entre teorías cognitivas (con Piaget como máximo representante) y teorías conductistas (con Gagné como paladín).

<sup>?</sup> Aún no se había descubierto el constructivismo de Vigotsky, que como casi todas las teorías viene filtrada en los años 90 desde los Estados Unidos.

Tabla 71. Desarrollo diacrónico anual de las teorías

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Educativas</i>	1								
<i>Psicológicas</i>	-								
<i>Matemáticas</i>	-								
<i>Otras</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Educativas</i>	-	-	-	1	-	-	-	1	-
<i>Psicológicas</i>	1	2	-	-	-	1	-	-	-
<i>Matemáticas</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Otras</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Educativas</i>	1	1	1	2	3	-	3	-	2
<i>Psicológicas</i>	2	5	3	5	2	4	12	9	3
<i>Matemáticas</i>	-	1	1	1	-	-	2	3	2
<i>Otras</i>	-	-	1	1	3	2	4	-	1
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Educativas</i>	4	2	5	5	5	8	5	8	8
<i>Psicológicas</i>	9	11	10	13	11	9	12	5	5
<i>Matemáticas</i>	2	3	3	3	1	3	7	8	8
<i>Otras</i>	3	1	-	1	2	2	2	1	1

La primera conclusión que se obtiene tras este análisis es el predominio continuo de las teorías psicológicas (Conductismo, *Gestalt*, Ciencia cognitiva, Epistemología piagetiana, Constructivismo) a lo largo de todo el periodo de tiempo (1975-2002). Asimismo, se vuelve a ratificar lo ya explicitado en el análisis conceptual, la Educación Matemática mayoritariamente ha venido trabajando, desde y para enfoques de corte eminentemente psicológicos.

Igualmente es destacable esa importancia mantenida de las teorías educativas (fenomenología didáctica, desarrollo del profesor y del curriculum, situaciones

didácticas<sup>3)</sup>) a lo largo del tiempo; aunque en los últimos años se vislumbra un mayor uso de este tipo de teorías.

Finalmente destacar la emergencia, a partir de los años 90, de teorías de índole matemática, tales como: Teoría del pensamiento matemático avanzado, teoría de la comunicación y estimación matemática, desarrollo de tópicos matemáticos complejos, teoría de la adquisición de la capacidad estimativa, etc.

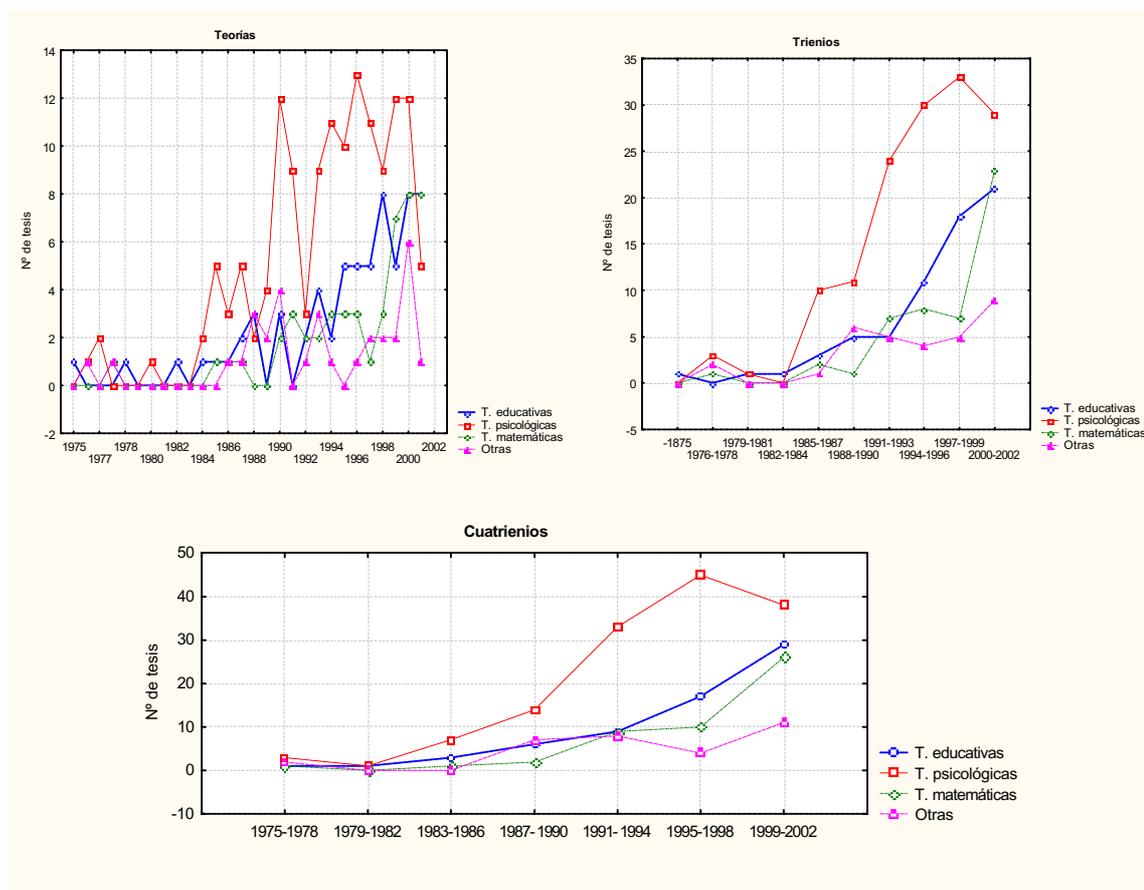


Figura 82. Desarrollo diacrónico de las teorías (1975-2002).

### A. Ajuste.

El ajuste en relación a las teorías sólo se va a realizar para las dos clasificaciones mayoritarias: teorías educativas y teorías psicológicas. En el caso de estas primeras, el ajuste es:

<sup>3)</sup> La teoría de las situaciones o situacional es una propuesta de Brousseau (1986), basada en la teoría del autómatas finito. Sierpinski (1993) la crítico con dureza imputándole escasa capacidad explicativa, ideal antes que real, prescriptiva que no descriptiva y nulamente falsable.

- A. Modelo ARIMA (3,1,1)
- B. Media constante = 2,36
- C. Tendencia lineal:  $-534,22 + 0,27 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,51$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,19547	0,816927		0,0180944	
(B)	6,97884	2,17347		-3,80648E-16	
(C)	2,13065	1,04649		-2,03012E-14	
(D)	2,65043	1,28696		0,886957	
(E)	2,10111	1,1492		0,481206	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,09338	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,64175	*	**	***	***	***
(C)	1,45967	OK	OK	*	OK	**
(D)	1,62802	OK	OK	OK	*	**
(E)	1,44952	OK	OK	**	OK	***

El mayor ajuste se efectúa al modelo ARIMA (3,1,1) con un error MSE de 1,19. En esta ocasión éste es el único modelo que confirma todos los tests realizados en este análisis.

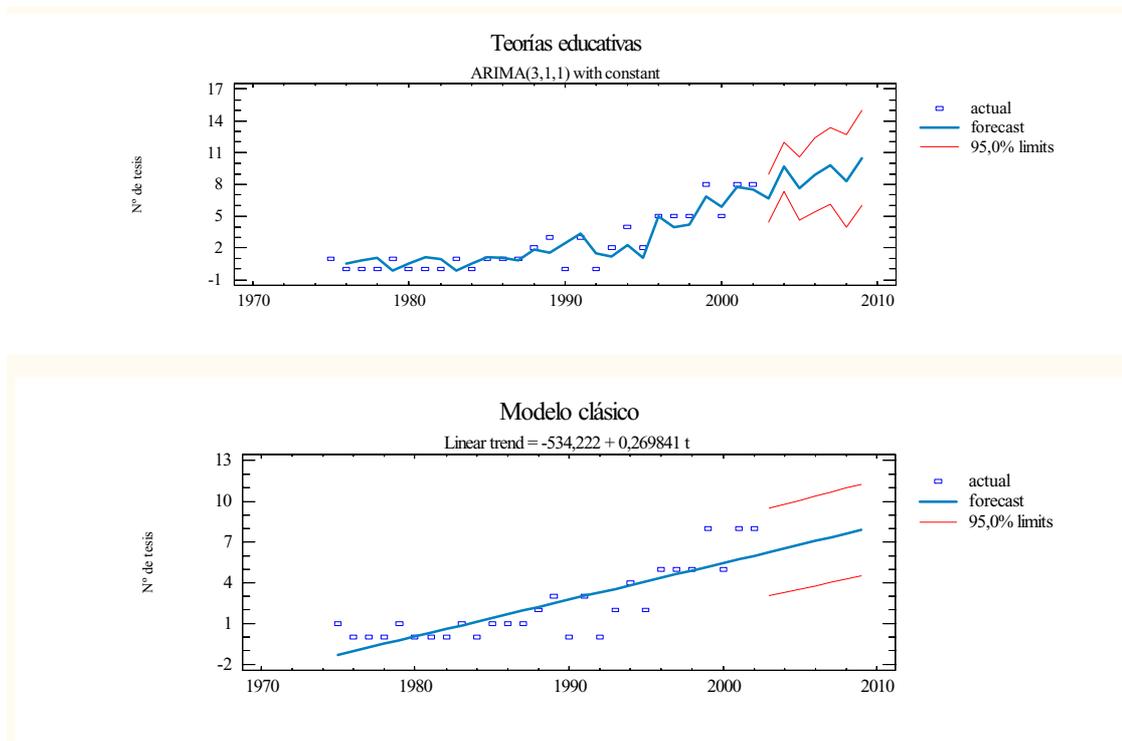


Figura 83. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las teorías educativas.

Con respecto a los modelos clásicos, el mejor ajuste se produce al modelo de tendencia lineal  $y = -534,22 + 0,27 t$ . Este modelo no verifica el test de Box-Pierce para las autocorrelaciones excesivas (AUTO) ni el test de homocedasticidad de la varianza.

Con respecto a las teorías psicológicas el ajuste es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 5,04
- C. Tendencia lineal:  $-945,68 + 0,48 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,46$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,36012	1,73056		0,433268	
(B)	22,1839	4,11735		6,66134E-16	
(C)	6,97456	2,04222		-4,46627E-14	
(D)	9,74609	2,36522		1,13043	
(E)	8,33377	2,00716		0,625802	

---

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,71295	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,70997	OK	**	***	***	**
(C)	2,64094	OK	OK	OK	OK	**
(D)	3,12187	OK	*	OK	OK	***
(E)	2,88683	OK	OK	OK	OK	***

---

También en esta ocasión, el único modelo que confirma todos los tests realizados para este ajuste es el modelo ARIMA (2,1,4) con ajuste matemático Box-Cox. Siendo éste, por tanto, el modelo seleccionado para el posterior pronóstico.

De los modelos clásicos existen dos con un ajuste muy similar: el modelo de tendencia lineal  $y = -945,68 + 0,48 t$  y el alisado simple exponencial con  $\alpha 0,46$ . De estos dos modelos se selecciona el de tendencia lineal al tener éste un menor error cuadrático (MSE = 7).

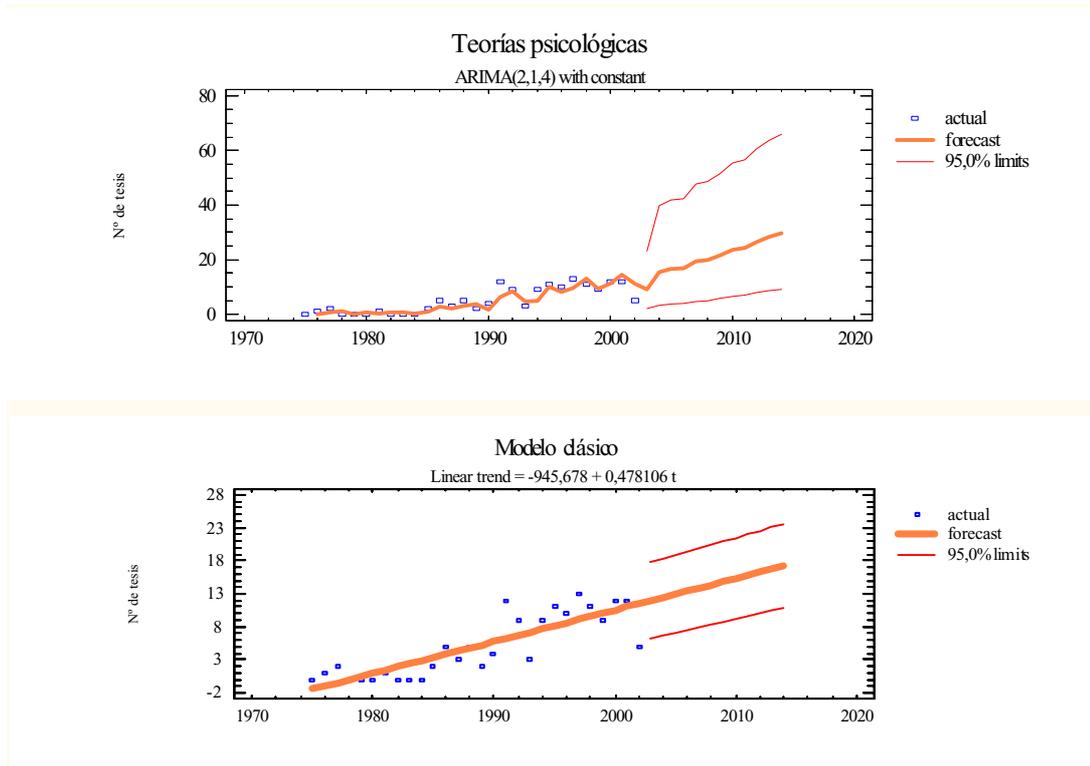


Figura 84. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las teorías psicológicas.

**B. Pronósticos.**

Determinados que los mejores modelos de ajuste son los modelos ARIMA para ambos tipos de teorías. Los valores pronósticos para los próximos 7 años serían:

Tabla 72. Valores-pronósticos de las teorías

Pronósticos	Teorías		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Ed	Psi				
2003	7	12	4	6	9	18
2004	9	12	7	6	12	18
2005	8	13	4	7	10	19
2006	9	13	5	70	12	19
2007	10	14	6	8	13	20
2008	8	14	4	8	12	20
2009	10	15	6	9	15	21

La investigación en Educación Matemática seguirá fundamentada, ante todo, en teorías psicológicas y, en menor medida en teorías educativas/pedagógicas eminentemente educativas, con un mayor predominio de aquéllas sobre éstas. Esta dicotomía entre teorías psicológicas y educativas en investigación en Educación

Matemática fue ya puesta de manifiesto por Romberg y Carpenter, en el año 1986; incluso Cobb (1988) se atrevió a calificarla como tensión. El predominio explicitado en este resultado, se debe a la fuerza del constructivismo que ha aportado a la investigación en Educación Matemática un vigor teorizador notable.

La visión de la investigación en Educación Matemática, en la que diversos paradigmas y teorías perviven/coexisten a lo largo del tiempo, nos ofrece una concepción más propia de Lakatos que de Popper. Con el beligerante Popper, la instauración de un paradigma y/o teoría dominante debería de llevar la anulación y desaparición de los “rivales”; en cambio, la racionalidad adoptada por Lakatos está más próxima a la evidencia aquí presentada: la coexistencia de teorías y paradigmas, unos más progresivos (dominantes) y otros más regresivos.

#### 8.4.3. Variable 29. Evolución diacrónica del enunciado del problema.

En esta variable se trata de dilucidar si, a priori, las tesis doctorales detallan de manera explícita el problema que se va a indagar/investigar.

Tabla 73. Desarrollo diacrónico anual del enunciado del problema

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Si enuncia</i>	-								
<i>No enuncia</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Si enuncia</i>	2	2	1	1	-	2	3	1	-
<i>No enuncia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Si enuncia</i>	2	7	4	7	5	6	15	11	8
<i>No enuncia</i>	-	-	-	-	1	-	2	-	-
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Si enuncia</i>	13	14	15	17	21	15	19	16	15
<i>No enuncia</i>	3	1	-	1	-	-	-	-	-

El hallazgo obtenido es que de manera mayoritaria las tesis doctorales, sí enuncia explícitamente la cuestión o cuestiones a investigar a lo largo de todo el periodo de análisis; convirtiéndose así en una preocupación constante para los investigadores.

Los mínimos casos en los que no se ha manifestado tal cuestión se distribuyen a lo largo de los años, no siendo ésta una característica aplicable a los primeros años del estudio.

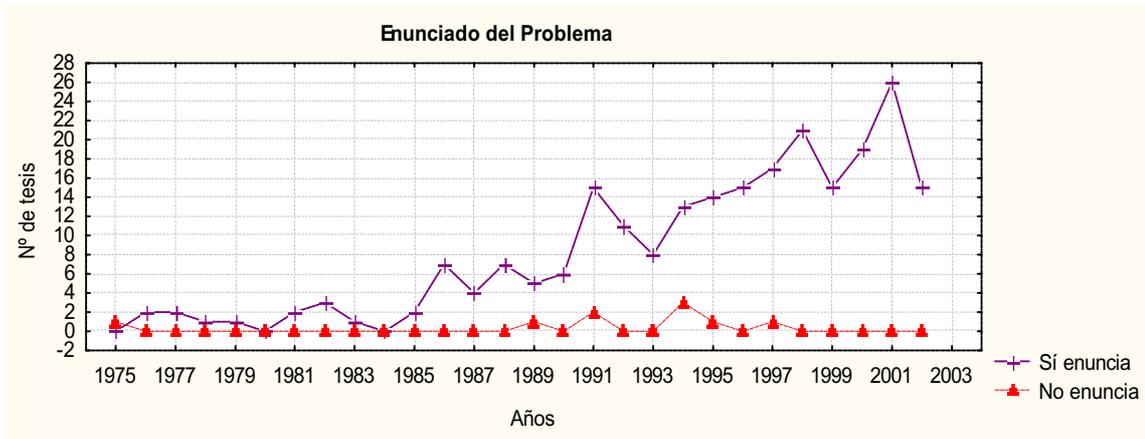


Figura 85. Desarrollo diacrónico del enunciado del problema (1975-2002).

### A. Ajuste.

Los datos referentes al enunciado del problema se ajustan a los modelos:

- A. Modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 7,93
- C. Tendencia lineal:  $-1492,97 + 0,75 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,59$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	8,4072	2,07024		0,0426834	
(B)	45,9206	5,9898		-1,33227E-15	
(C)	7,65395	2,19814		2,11133E-13	
(D)	12,5983	2,74783		1,98261	
(E)	8,8719	2,22145		0,905227	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,89715	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6,77648	*	***	***	***	**
(C)	2,76658	*	*	OK	OK	OK
(D)	3,5494	OK	OK	OK	*	*
(E)	2,97857	OK	OK	OK	OK	**

El mayor ajuste se efectúa al modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox y con un error medio cuadrático de  $MSE = 8,41$ .

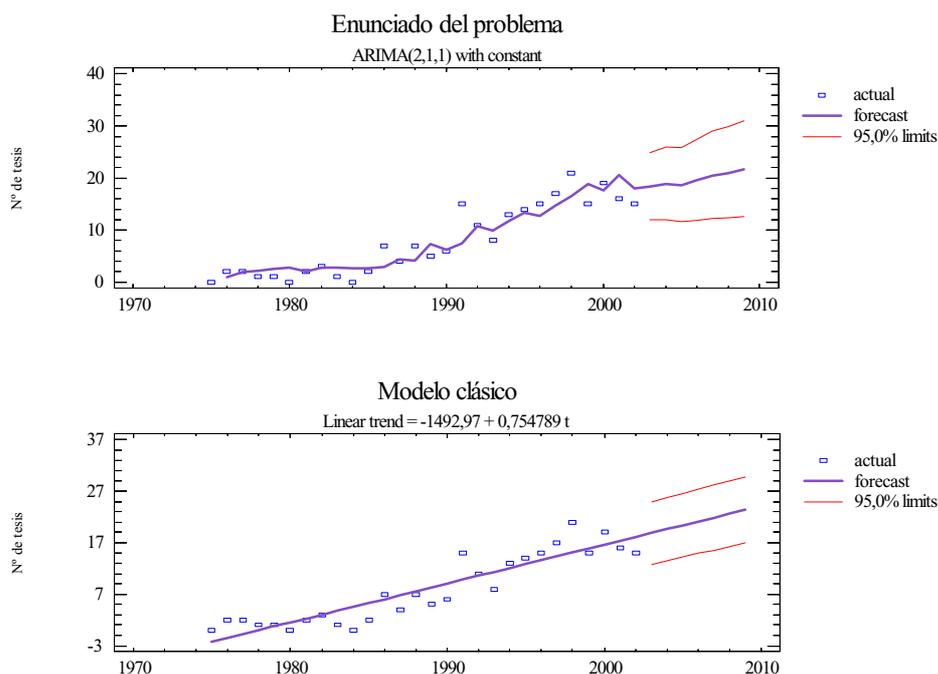


Figura 86. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del enunciado del problema.

Aunque el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -1492,97 + 0,75 t$  presenta un menor error (MSE = 7,65), éste no se considera el mejor ajuste al sólo ratificar tres de los cinco tests realizados. No por ello deja de ser relevante tal ajuste a un modelo lineal con una notable pendiente de crecimiento ( $\theta = 0,75$ ; arcotangente  $\theta = 36,9^\circ$ ).

**B. Pronósticos.**

El modelo ARIMA seleccionado determinará como valores prospectivos para los próximos 7 años:

Tabla 74. Valores-pronósticos del enunciado del problema

Pronóstico	Problema	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	18	12	24
2004	18	12	25
2005	18	12	25
2006	19	12	27
2007	20	12	28
2008	20	12	29
2009	21	12	30

Los pronósticos exponen que se va a producir un aumento del enunciado del problema paralelo al crecimiento de la producción. Lo que manifiesta que la preocupación por enunciar de manera explícita el enunciado del problema a investigar va a seguir manteniéndose en los próximos años.

8.4.4. Variable 30. Evolución diacrónica del enunciado de los objetivos generales y específicos.

Se establece una confrontación entre el enunciado de objetivos generales y objetivos específicos. Con ello se pretende conocer qué tipos de objetivos han sido mayoritariamente formulados y la coherencia existente con respecto a los paradigmas o enfoques predominantes (ya analizados).

Tabla 75. Desarrollo diacrónico anual del enunciado de objetivos generales y específicos

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Obj. generales</i>	1								
<i>Obj. específicos</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Obj. generales</i>	1	-	1	1	-	2	1	-	-
<i>Obj. específicos</i>	1	-	-	1	-	1	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Obj. generales</i>	2	5	2	4	3	5	15	10	8
<i>Obj. específicos</i>	-	3	1	2	1	2	7	4	5
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Obj. generales</i>	16	14	14	17	20	13	17	24	15
<i>Obj. específicos</i>	12	10	12	10	13	5	9	8	9

Se aprecia que ha existido la práctica continuada en la formulación de objetivos tanto generales como específicos. Concretamente, a lo largo de todo el periodo de estudio, la formulación de objetivos generales ha sido mayoritaria frente a los objetivos específicos.

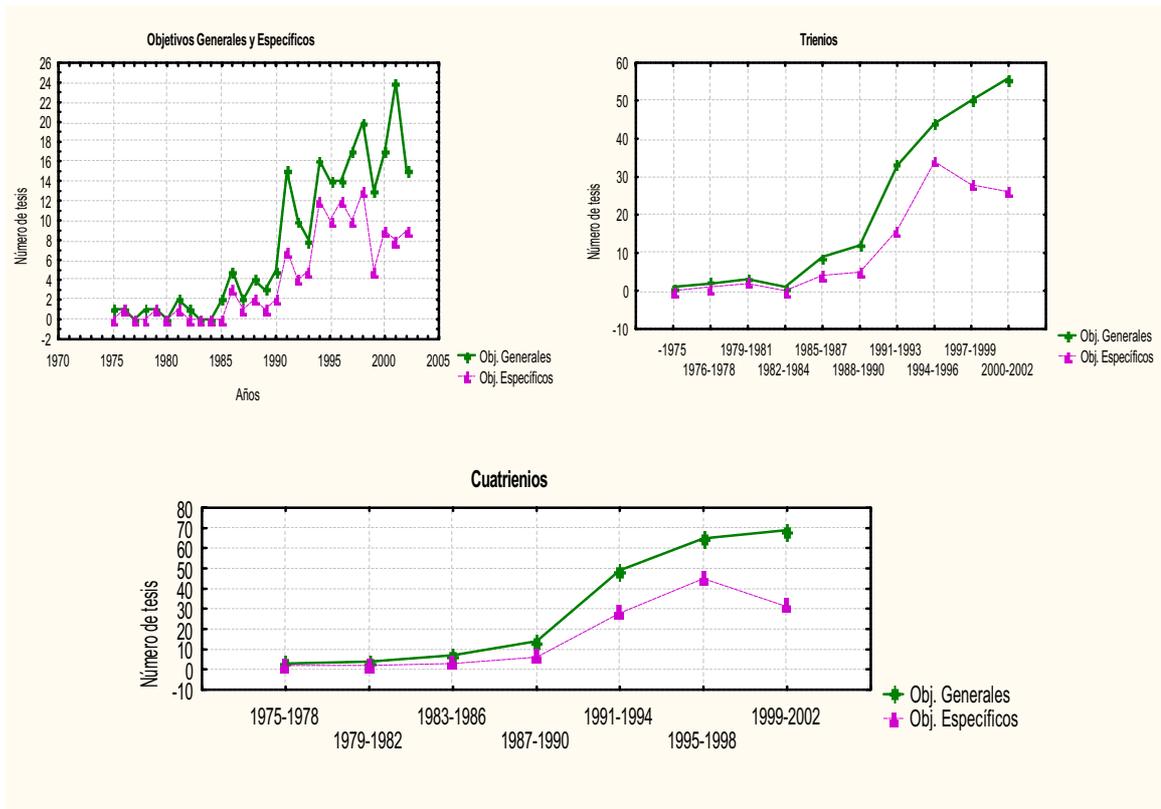


Figura 87. Desarrollo diacrónico del enunciado de objetivos generales y específicos (1975-2002).

Asimismo es destacable una cierta caída por el interés de enunciar objetivos específicos a partir de los años 90; tal vez, debido a la emergencia del enfoque interpretativo. Un enfoque con un carácter más abierto, especulativo y sin ideas (objetivos específicos) preconcebidas, que vayan guiando la investigación.

Por tanto, máxima coherencia con la evidencia anterior del incremento del paradigma interpretativo y, también, por qué no, del complementarista.

### A. Ajuste.

El ajuste de los datos referentes a los objetivos generales aporta:

- A. Modelo ARIMA (2,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 7,54
- C. Tendencia lineal:  $-1601,66 + 0,81 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,51$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	8,03415	1,76092		0,283968	
(B)	55,0728	6,61224		-2,31561E-15	
(C)	11,1726	2,73638		1,13687E-13	
(D)	16,9565	3,0087		2,22609	
(E)	13,0531	2,37003		1,16322	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,83446	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	7,4211	OK	***	***	***	***
(C)	3,34255	OK	*	**	OK	OK
(D)	4,11783	OK	OK	OK	*	**
(E)	3,6129	OK	OK	*	OK	***

El modelo con un menor error cuadrático, que confirma todos los tests realizados en este proceso de ajuste, es el modelo ARIMA (2,1,4) con ajuste de Box-Cox. De los modelos clásicos, ninguno de ellos se ajusta totalmente, y adicionalmente se produce un incremento notable en el porcentaje de errores. No obstante, el mejor modelo de ajuste sería el de tendencia lineal  $y = -1601,66 + 0,81 t$ .

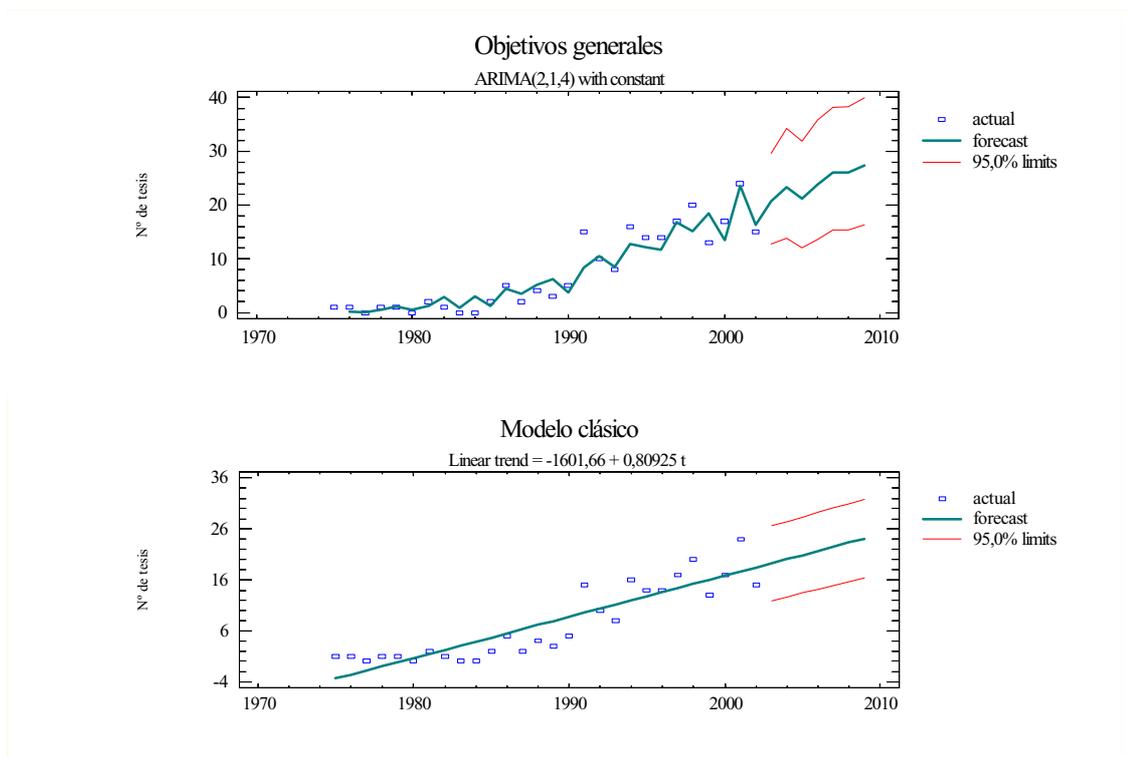


Figura 88. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los objetivos generales.

Los modelos de ajuste de la distribución de los objetivos específicos determinarían:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox

- B. Media constante = 4,14
- C. Tendencia lineal:  $-893,78 + 0,45 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,56$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6,28706	1,38443		0,139617	
(B)	19,9788	3,88776		-1,20538E-15	
(C)	6,41891	2,04105		-8,12049E-15	
(D)	8,8313	2,01739		1,04348	
(E)	5,96947	1,48458		0,535214	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,5074	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,46977	OK	***	***	***	***
(C)	2,53356	OK	**	**	OK	**
(D)	2,97175	OK	**	OK	OK	***
(E)	2,44325	OK	*	OK	OK	***

También en esta ocasión el mejor modelo de ajuste es un modelo ARIMA: ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox. Este modelo presenta un error MSE = 6,29.

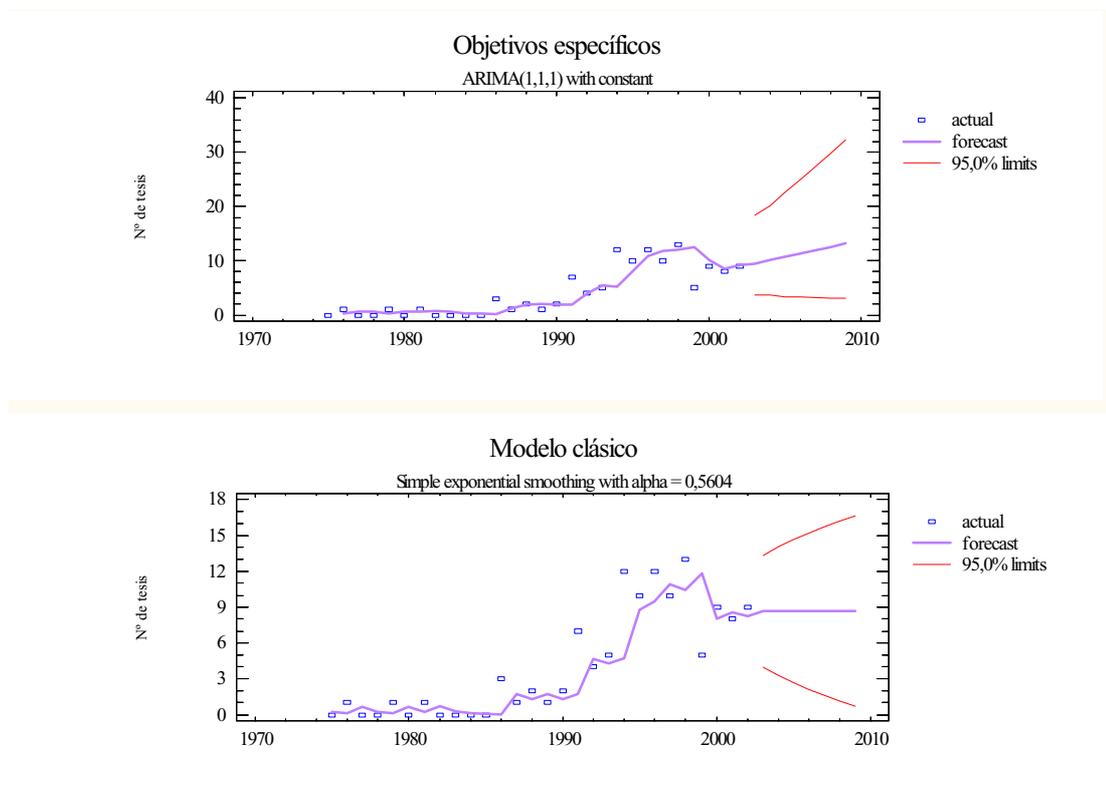


Figura 89. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los objetivos específicos.

Con un error cuadrático medio menor que el modelo ARIMA (MSE = 6), se encuentra el modelo clásico alisado simple exponencial con  $\alpha$  0,56. Pero este modelo de ajuste sólo ratifica tres de los cinco tests realizados: el test de rachas excesivas, superior e inferior (RUNS), el test de Box-Pierce para las autocorrelaciones excesivas (AUTO) y el test de diferencias entre media, primera mitad-segunda mitad. (MEAN).

### B. Pronósticos.

Los valores prospectivos según los modelos ARIMA seleccionados establecen que:

Tabla 76. Valores-pronósticos de los objetivos generales y específicos

Pronósticos	Objetivos		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	G	E				
2003	21	9	12	4	29	18
2004	23	10	14	4	34	20
2005	21	10	12	3	31	23
2006	24	11	13	3	35	24
2007	26	12	15	3	38	27
2008	26	12	15	3	38	30
2009	27	13	16	3	40	32

Tanto la formulación de objetivos generales como específicos va a incrementarse, para los próximos 7 años, al igual que el aumento de la productividad general. Esos porcentajes de crecimiento pueden denotarse en los valores de  $\alpha$ , en los modelos de ajuste:  $\alpha = 0,81$ , para los objetivos generales;  $\alpha = 0,56$ , para los objetivos específicos.

Las representaciones gráficas de ambos modelos de ajuste, figura 88 (objetivos generales) y figura 89 (objetivos específicos), reflejan, igualmente, tales perspectivas de crecimiento para ambos casos.

## 8.4.5. Variable 31. Evolución diacrónica del enunciado de hipótesis.

La formulación de hipótesis, en la que se relacionan distintas variables y se plantean, *a priori*, una serie de considerandos, queda enmarcada dentro de una visión concreta de iniciar una investigación. Por tanto, el estudio de esta variable, complementará este panorama descrito hasta ahora sobre la metodología de las tesis doctorales de Educación Matemática.

Tabla 77. Desarrollo diacrónico anual del enunciado de hipótesis

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Si enuncia</i>	1								
<i>No enuncia</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Si enuncia</i>	1	1	-	1	-	1	2	1	-
<i>No enuncia</i>	1	1	1	-	-	1	1	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Si enuncia</i>	2	7	2	5	3	5	15	7	4
<i>No enuncia</i>	-	-	2	2	3	1	2	4	4
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Si enuncia</i>	13	13	9	13	13	10	9	11	10
<i>No enuncia</i>	3	2	6	5	8	5	10	15	5

La formulación de hipótesis previas, frente a una investigación de carácter más abierto, ha sido siempre una opción predominante hasta los últimos años del estudio. A mediados de los 90 comienza un declive en el enunciado de hipótesis, en contraposición al progresivo aumento de estudios que no enuncian hipótesis alguna.

Esta situación llega a ser tal que, gráficamente, ambas posiciones se encuentran en un mismo punto (véase figura 90: trienios).

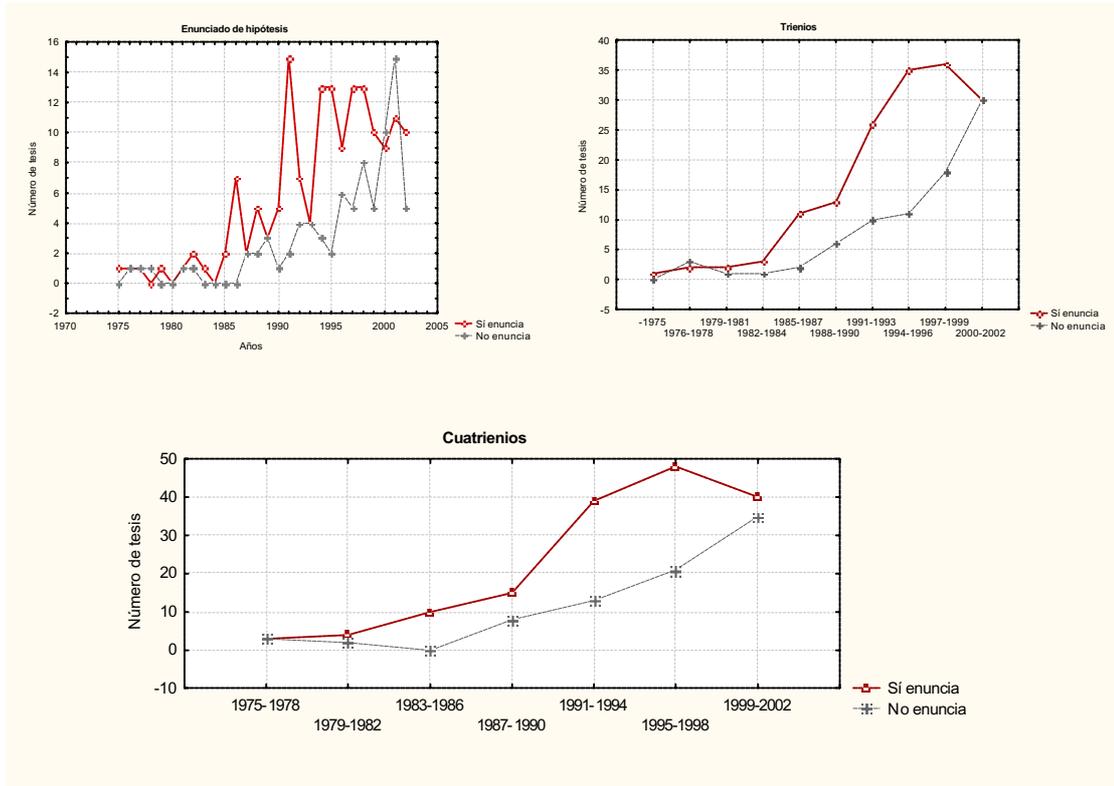


Figura 90. Desarrollo diacrónico del enunciado de hipótesis (1975-2002).

Este hallazgo vuelve a evidenciar las inferencias realizadas en variables anteriores sobre el paradigma interpretativo.

### A. Ajuste.

Relativo al enunciado de hipótesis, los resultados obtenidos al ajuste a la premisa de “si enuncia” son:

- A. Modelo ARIMA (2,1,2)
- B. Media constante = 5,68
- C. Tendencia lineal:  $-1000,54 + 0,51 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,40$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6,94031	1,92877		0,136328	
(B)	24,8929	4,41837		-1,52259E-15	
(C)	7,85734	2,12976		-1,21807E-14	
(D)	11,3896	2,35652		1,24348	
(E)	10,0542	2,04494		0,844359	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,63445	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,98927	OK	**	***	***	**
(C)	2,8031	OK	OK	OK	OK	**
(D)	3,37484	OK	OK	OK	OK	***
(E)	3,17084	OK	OK	OK	OK	***

El mayor ajuste, con un menor porcentaje de errores y la verificación de todos los tests realizados, se efectúa al modelo ARIMA (2,1,2). El ajuste, referente a los modelos clásicos, se realiza al modelo de tendencia lineal  $y = -1000,54 + 0,51 t$ ; que únicamente no ratifica el tests de la varianza, arrojando en éste una significatividad media ( $0,01 < p < 0,05$ ).

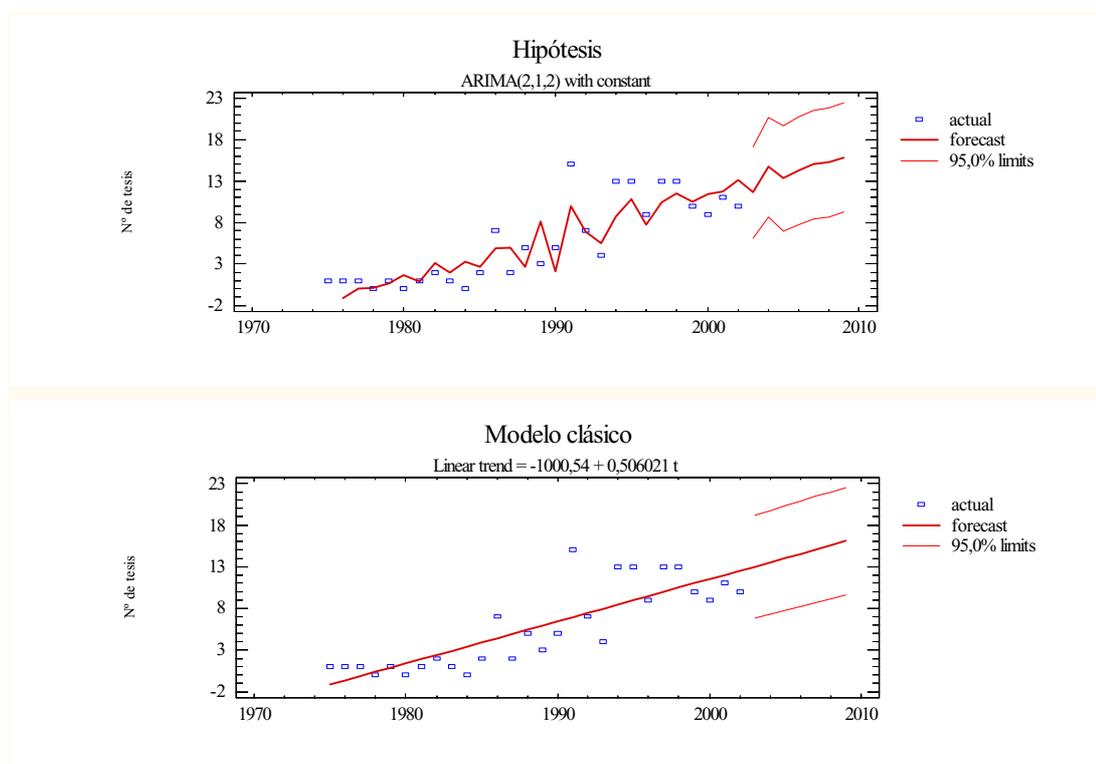


Figura 91. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del enunciado de hipótesis.

En el caso de no enunciar las hipótesis, el ajuste es:

- Modelo ARIMA (1,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 2,93
- Tendencia lineal:  $- 653, 37 + 0,33 t$
- Media móvil simple de 5 términos
- Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,42$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	4,36372	1,30467		0,322236	
(B)	12,291	2,55612		7,93016E-17	
(C)	5,10913	1,56087		5,70972E-16	
(D)	6,49739	1,70435		1,07826	
(E)	5,7219	1,54899		0,656003	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,08895	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3,50585	*	***	***	***	***
(C)	2,26034	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,549	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,39205	OK	OK	OK	OK	***

En este caso, el único modelo que confirma todos los supuestos de este análisis es el modelo ARIMA (1,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox, con un error cuadrático medio de 4,36.

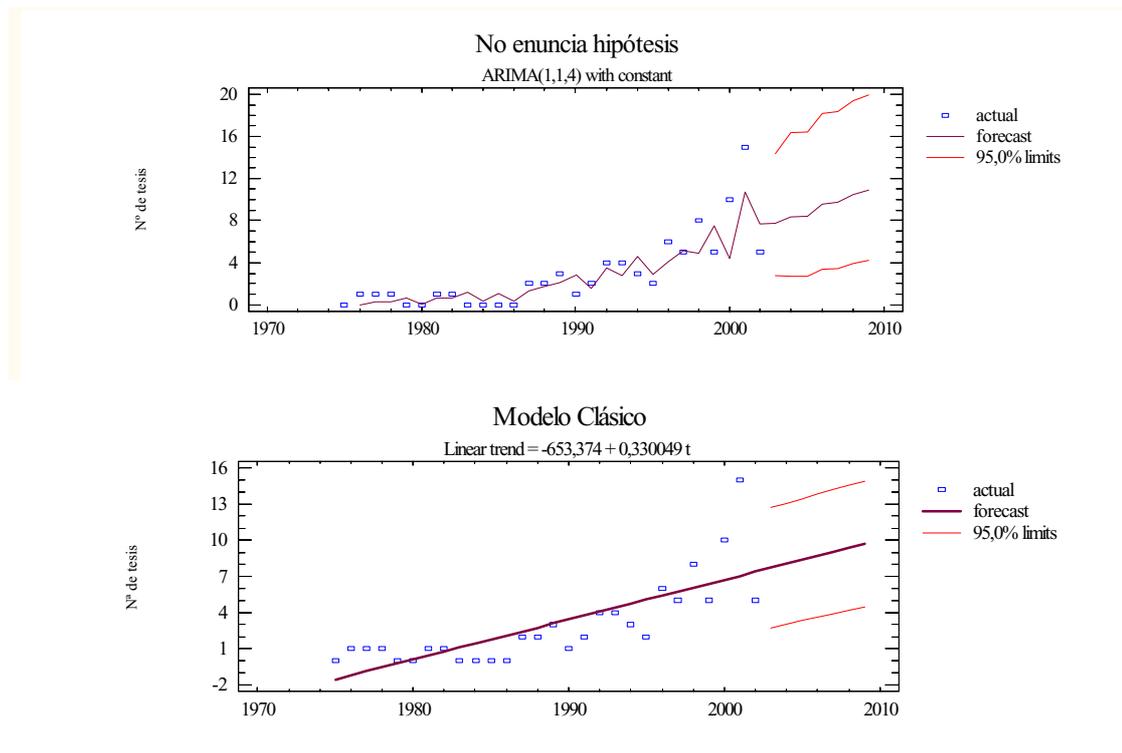


Figura 92. Modelo ARIMA y Clásico del no enunciado de hipótesis.

De los modelos clásicos, se selecciona el modelo de tendencia lineal  $y = -653,37 + 0,33 t$ , con un error  $MSE = 5,11$ ; que confirma todos los tests realizados a

excepción del test de la varianza, con un nivel de significatividad medio (0,01  $\leq p \leq$  0,05).

## B. Pronósticos.

Estos modelos ARIMA seleccionados como mejores ajuste ofrecen los siguientes valores-pronósticos:

Tabla 78. Valores-pronósticos del enunciado de hipótesis

Pronósticos	Hipótesis		Límite inferior		Límite superior	
	Sí	No	95,0%		95,0%	
2003	11	8	6	3	17	14
2004	15	8	9	3	20	16
2005	13	8	7	3	19	16
2006	14	10	8	3	20	18
2007	15	10	8	4	21	18
2008	15	11	9	4	21	19
2009	16	11	9	4	22	20

Según los pronósticos obtenidos, parece que, en un corto-medio plazo, la tendencia a seguir es la misma que la descrita hasta ahora: la formulación de hipótesis va a continuar siendo una práctica mayoritaria frente a la no formulación. Pero como ya se observaba en el análisis diacrónico (véase figura 90), la no formulación de hipótesis será una práctica continuada dentro de esta área de investigación.

En términos generales, parece establecerse una situación casi “*idilica*” de equilibrio entre la formulación y no formulación de hipótesis. Recordemos que el índice de crecimiento de la productividad general era de  $\lambda = 0,9$  frente al  $\lambda = 0,5$  obtenido en esta variable.

### 8.4.6. Variable 32. Evolución diacrónica de las metodologías de investigación.

Esta variable relacionada con la metodología de investigación presenta diversas similitudes con la variable de paradigmas o enfoques metodológicos.

Tabla 79. Desarrollo diacrónico anual de las metodologías de investigación

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Cuantitativa</i>	-								
<i>Cualitativa</i>	-								
<i>Mixta</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Cuantitativa</i>	2	1	-	1	-	1	1	1	-
<i>Cualitativa</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Mixta</i>	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Cuantitativa</i>	-	5	1	2	1	3	4	2	-
<i>Cualitativa</i>	-	1	-	3	2	1	4	3	1
<i>Mixta</i>	1	1	3	-	-	-	7	6	7
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Cuantitativa</i>	2	4	2	1	2	5	3	10	4
<i>Cualitativa</i>	8	4	8	5	10	7	10	9	5
<i>Mixta</i>	4	6	5	9	7	3	6	7	6

El examen descriptivo de los datos ofrece evidencia similar a la obtenida en la variable de los paradigmas metodológicos, considerada anteriormente.

La observación a destacar es que la metodología cuantitativa del paradigma empírico-analítico se ha mantenido como dominante y con cierta estabilidad hasta finales de los años 90, produciéndose a partir de este momento un repunte en los dos últimos años; auspiciado probablemente por la disponibilidad de programas informáticos, cada vez más completos, para desarrollar análisis multivariados.

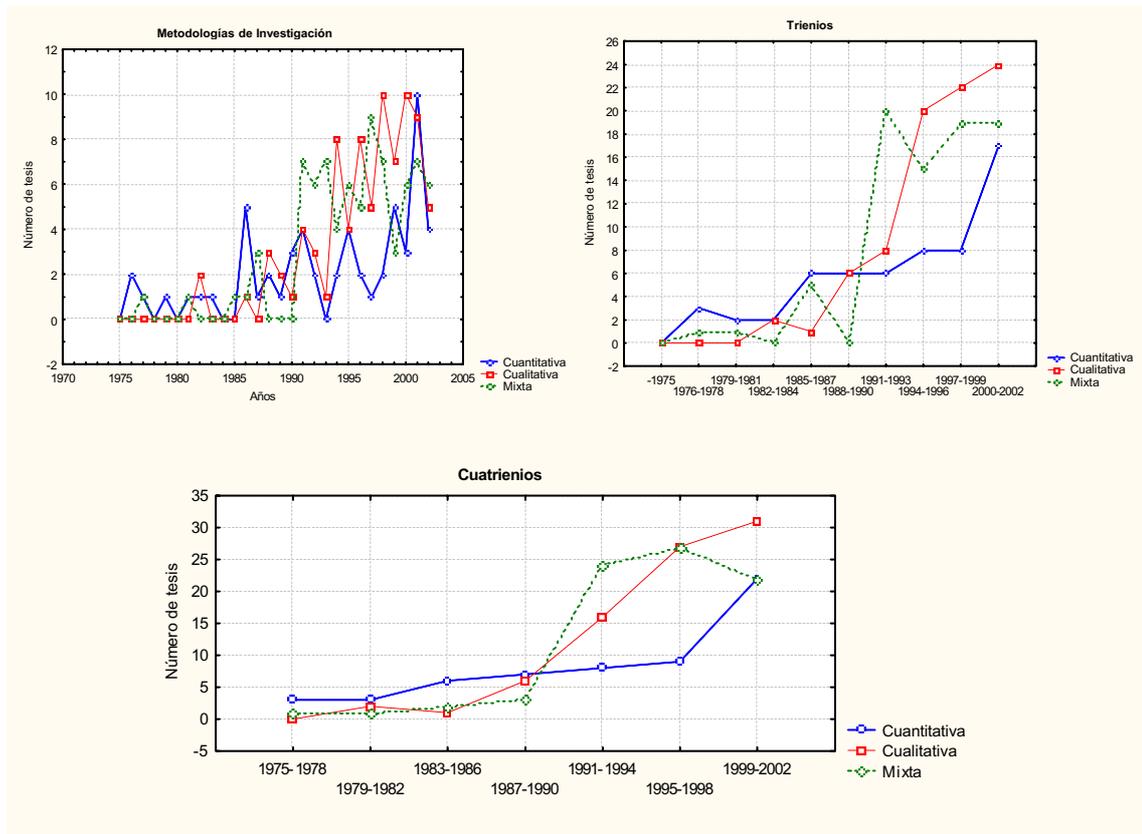


Figura 93. Desarrollo diacrónico de las metodologías de investigación (1975-2002).

De la metodología cualitativa propia de los enfoques interpretativo y crítico, destaca el fulgurante crecimiento a principios de los 90. También constatar el auge mantenido de la metodología mixta hasta finales de la serie y el crecimiento continuado de la metodología eminentemente cualitativa en los últimos años.

### A. Ajuste.

El ajuste se realizará en torno a las 3 tipologías establecidas. Con respecto a la metodología cuantitativa, el ajuste sería:

- Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 2,07
- Tendencia lineal:  $-310,30 + 0,16 t$
- Media móvil simple de 5 términos
- Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,25$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,0377	1,15517		0,213254	
(B)	4,73545	1,53061		1,74464E-16	
(C)	3,18357	1,20807		4,06024E-15	
(D)	4,3113	1,24348		0,6	
(E)	4,00269	1,23749		0,516642	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,7429	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,17611	OK	OK	OK	**	**
(C)	1,78426	OK	OK	OK	OK	*
(D)	2,07637	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,00067	OK	OK	OK	OK	*

La distribución de la serie relativa a la metodología cuantitativa se ajusta totalmente al modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste de Box-Cox. Convirtiéndose este modelo en el de mayor ajuste.

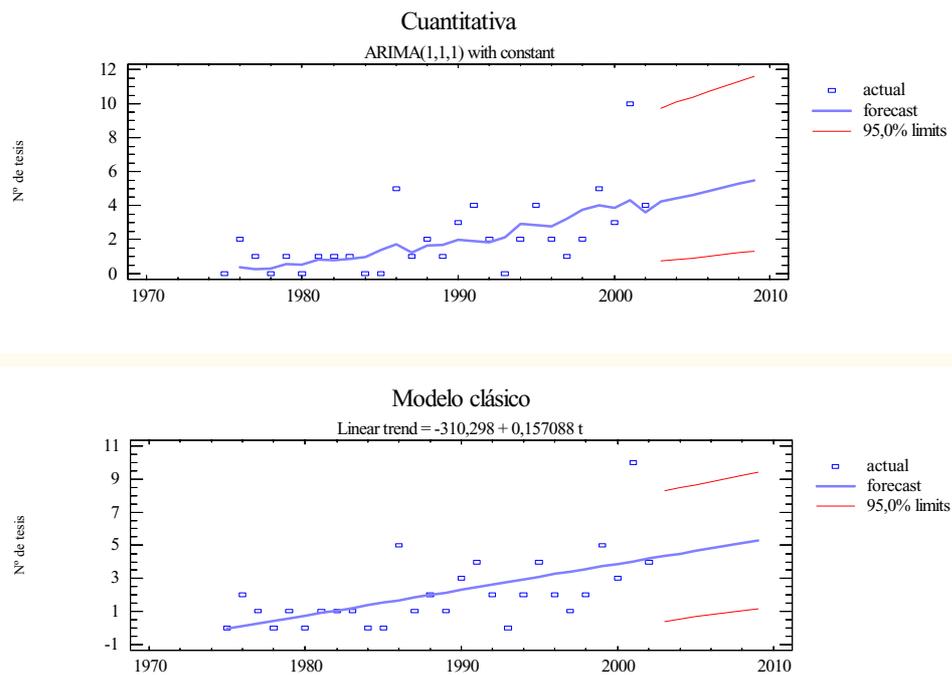


Figura 94. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la metodología cuantitativa.

Con un error cuadrático medio algo superior ( $MSE = 3,18$ ), el mejor ajuste de los modelos clásicos se realiza al modelo de tendencia lineal  $y = -310,30 + 0,16 t$ . Este modelo únicamente no verifica el test de la varianza, obteniendo una significatividad marginal ( $0,05 > p > 0,10$ ).

En segundo lugar, el ajuste de la metodología cualitativa sería:

- A. Modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,97
- C. Tendencia lineal:  $-700,68 + 0,35 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,43$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,36035	1,27078		0,0675088	
(B)	11,9616	2,88776		-6,97854E-16	
(C)	3,62287	1,52234		4,87229E-14	
(D)	5,1913	1,5913		1,0	
(E)	4,32092	1,31724		0,58596	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,83313	OK	OK	OK	OK	**
(B)	3,45856	OK	**	***	***	***
(C)	1,90338	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,27844	OK	OK	OK	OK	*
(E)	2,07868	OK	OK	OK	OK	***

El modelo al que se produce un mayor ajuste es el modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste de Box-Cox. En esta ocasión, el valor de la media móvil ha sido de 2 ( $q$ , término MA) y no de 1 como en el caso de la metodología cuantitativa. Este modelo no verifica el test de la varianza obteniendo una significatividad media en el mismo.

De los modelos clásicos, destacar que el modelo de mayor ajuste es el modelo de tendencia lineal  $y = -700,68 + 0,35 t$ ; con un menor porcentaje de errores que el modelo ARIMA.

La representación gráfica de ambos modelos seleccionados queda representada en la siguiente figura.

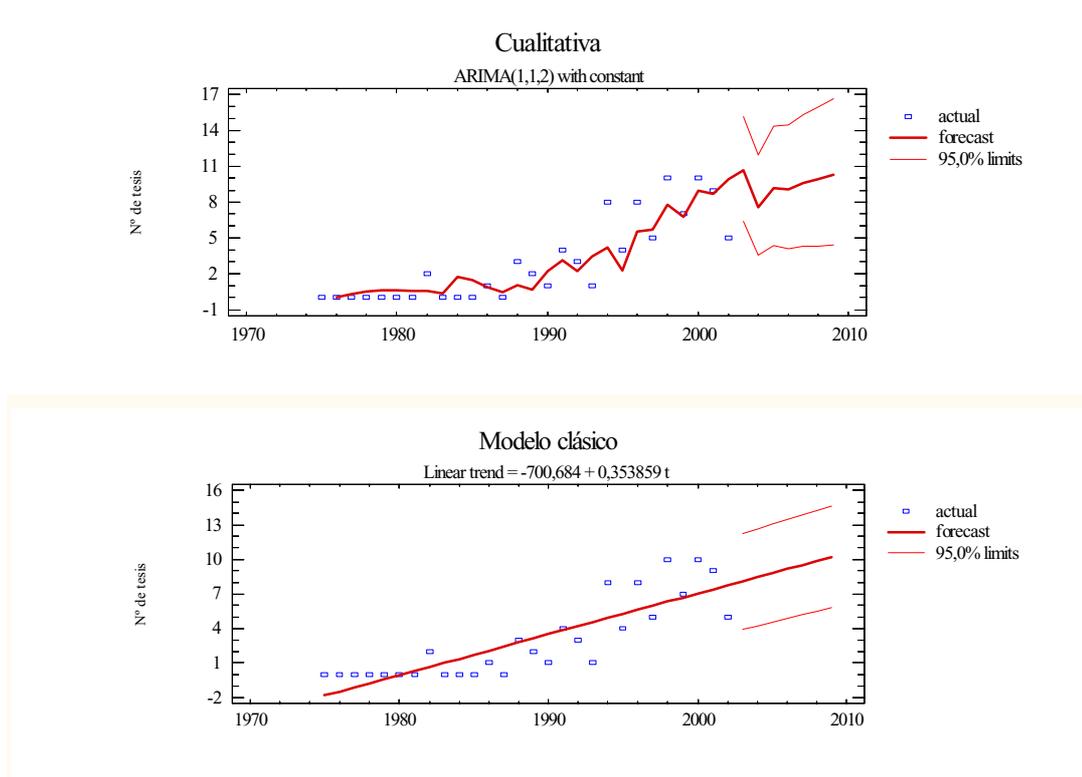


Figura 95. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la metodología cualitativa.

Finalmente, el ajuste de la metodología mixta a los modelos seleccionados establece que:

- A. Modelo ARIMA (3,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,86
- C. Tendencia lineal:  $-596,85 + 0,30 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,47$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,86246	1,19382		0,0342117	
(B)	9,46032	2,77551		-1,11022E-16	
(C)	3,43284	1,4093		-4,46627E-14	
(D)	4,8487	1,49565		0,747826	
(E)	4,00677	1,28989		0,457214	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,96531	OK	OK	OK	OK	***
(B)	3,07576	OK	***	***	***	***
(C)	1,85279	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,20198	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,00169	OK	OK	OK	OK	***

Este ajuste es el más deficitario de los anteriores, al tratarse ésta de una serie muy corta y ausencias iniciales; no se realizan tesis desde una metodología mixta hasta el año 1985.

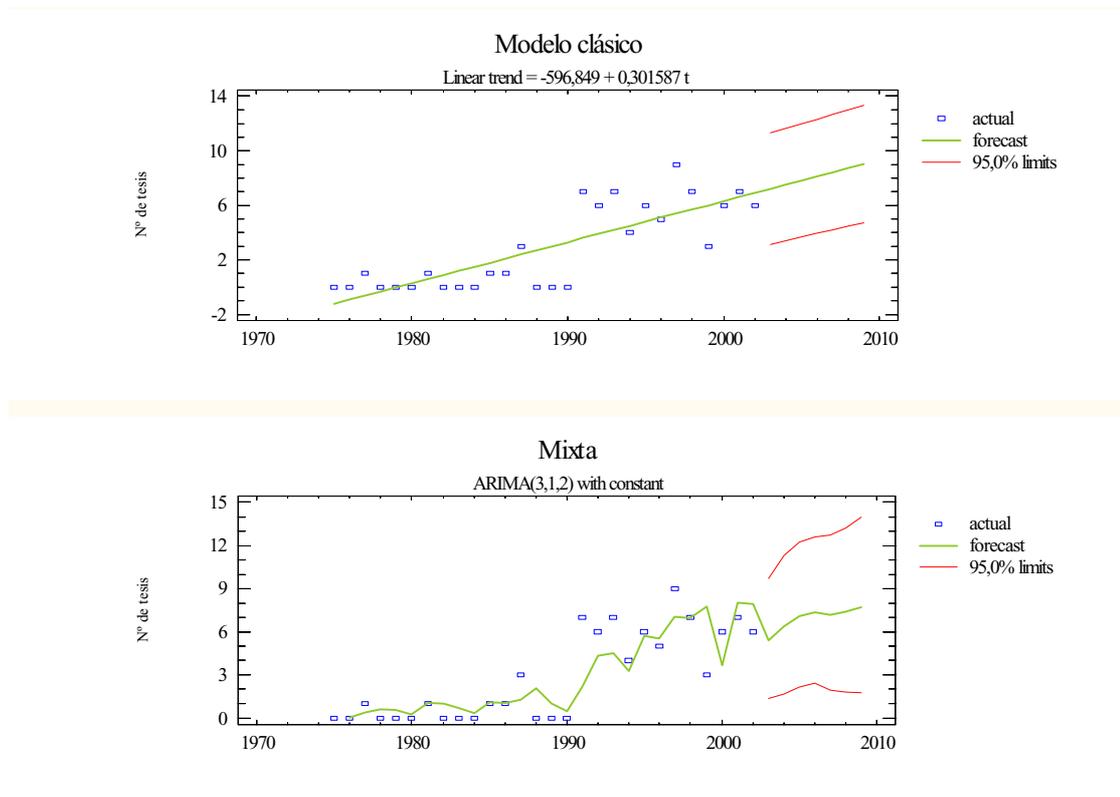


Figura 96. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de la metodología mixta.

El mejor ajuste se realiza al modelo clásico de tendencia lineal  $y = -596,85 + 0,30 t$ , con un menor porcentaje de errores y con un nivel de significatividad más bajo. De los modelo ARIMA, el más ajustado sería el modelo ARIMA (3,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox.

Antes de conocer los pronósticos establecidos por los modelos de ajuste seleccionados, reiterar la similitud presentada entre los modelos clásicos para la variable de paradigmas y metodologías.

Así la pendiente de regresión para la metodología cuantitativa y el paradigma nomotético es la misma ( $\beta = 0,16$ ); igualmente la tangente entre el método cualitativo y el enfoque interpretativo es el mismo ( $\beta = 0,35$ ) y la metodología mixta y el enfoque

complementarista tienen pendientes muy similares ( $r = 0,27$  frente a  $r = 0,30$ ). Esta coincidencia de tendencias denota la coherencia de los hallazgos encontrados.

## B. Pronósticos.

Los valores prospectivos arrojados por tales modelos de ajuste para los próximos siete años establecen:

Tabla 80. Valores-pronósticos de las metodologías de investigación

Pronósticos	Metodología			Límite inferior 95,0%			Límite superior 95,0%		
	Q	C	M						
2003	4	10	7	1	6	3	9	15	11
2004	4	7	7	1	4	3	10	12	12
2005	5	9	8	1	4	3	10	14	12
2006	5	9	8	1	4	4	11	14	12
2007	5	10	8	1	4	4	11	14	13
2008	5	9	9	1	4	4	11	16	13
2009	6	10	9	1	4	5	12	16	13

Un crecimiento generalizado de las distintas metodologías de investigación para los próximos 7 años. En el caso de la metodología cualitativa, su mayor crecimiento se verá afectado por fluctuaciones anuales; al contrario que la metodología mixta que crece menos pero ininterrumpidamente, así como la metodología cuantitativa, pero con una tasa menor de crecimiento aunque continuo.

### 8.4.7. Variable 33. Evolución diacrónica de los instrumentos de recogida de datos.

La clasificación realizada de los instrumentos de recogida de datos utilizados en las tesis doctorales, es la siguiente:

- ☞ *Instrumentos de encuesta:* Aquellos instrumentos de carácter oral en los que se recoge “lo dicho” (i.e. cuestionarios y entrevistas, principalmente).
- ☞ *Instrumentos de observación:* Aquellos instrumentos que recogen lo observado, “lo hecho pero no escrito” (i.e. escala de observación, lista de control y observación principalmente).

- ☞ *Instrumentos de realización standarizados*: Instrumentos de lápiz y papel, que recogen “lo escrito”, con puntuaciones normalizadas como referencia para la apreciación y comparación de los resultados (i.e. tests, escalas...).
- ☞ *Instrumentos de realización no standarizados*: Instrumentos de lápiz y papel sin puntuaciones normalizadas como referencia *ad hoc* (listado de problemas, pruebas de ensayo, producciones escolares,...).

Tabla 81. Desarrollo diacrónico anual de los instrumentos de recogida de datos

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>De encuesta</i>	-								
<i>De observación</i>	-								
<i>De realización standarizada</i>	1								
<i>De realización no standarizada</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>De encuesta</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>De observación</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>De realización Standarizado</i>	2	2	-	-	-	-	2	1	-
<i>De realización no standarizada</i>	2	-	-	1	-	2	1	1	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>De encuesta</i>	-	2	1	4	2	3	4	9	4
<i>De observación</i>	-	1	2	2	2	1	7	11	5
<i>De realización standarizado</i>	2	5	3	1	2	4	7	3	3
<i>De realización no standarizada</i>	2	3	3	5	4	4	9	10	7
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>De encuesta</i>	12	9	10	7	20	10	15	21	17
<i>De observación</i>	6	6	5	7	18	4	3	15	9
<i>De realización standarizada</i>	5	6	4	4	4	5	3	6	4
<i>De realización no standarizada</i>	12	7	15	13	15	4	6	9	5

El tipo de instrumentos mayoritariamente utilizado a lo largo del periodo 1975-2002, con un patrón de crecimiento de carácter exponencial, es el de encuesta. Este instrumento, que se puede denominar como un auténtico cajón “desastre”, pues sirve tanto para las metodologías cualitativas como cuantitativas. Este hallazgo está en

consonancia con la evidencia aportada por los estudios cuantitativos de Fernández Cano y Bueno (1998, 1999); que ya fueron puestos de manifiesto para la investigación educativa en general, a nivel internacional, por Kvale (1989).

Otro hallazgo destacable es la notable caída, a fines de los 90, en la utilización de instrumentos no estandarizados (*ad hoc*), dato que disiente del hallazgo de Torralbo (2002), en el sentido de que éstos eran los instrumentos de recogida de datos más utilizados, y no la encuesta, como se infiere en este estudio.

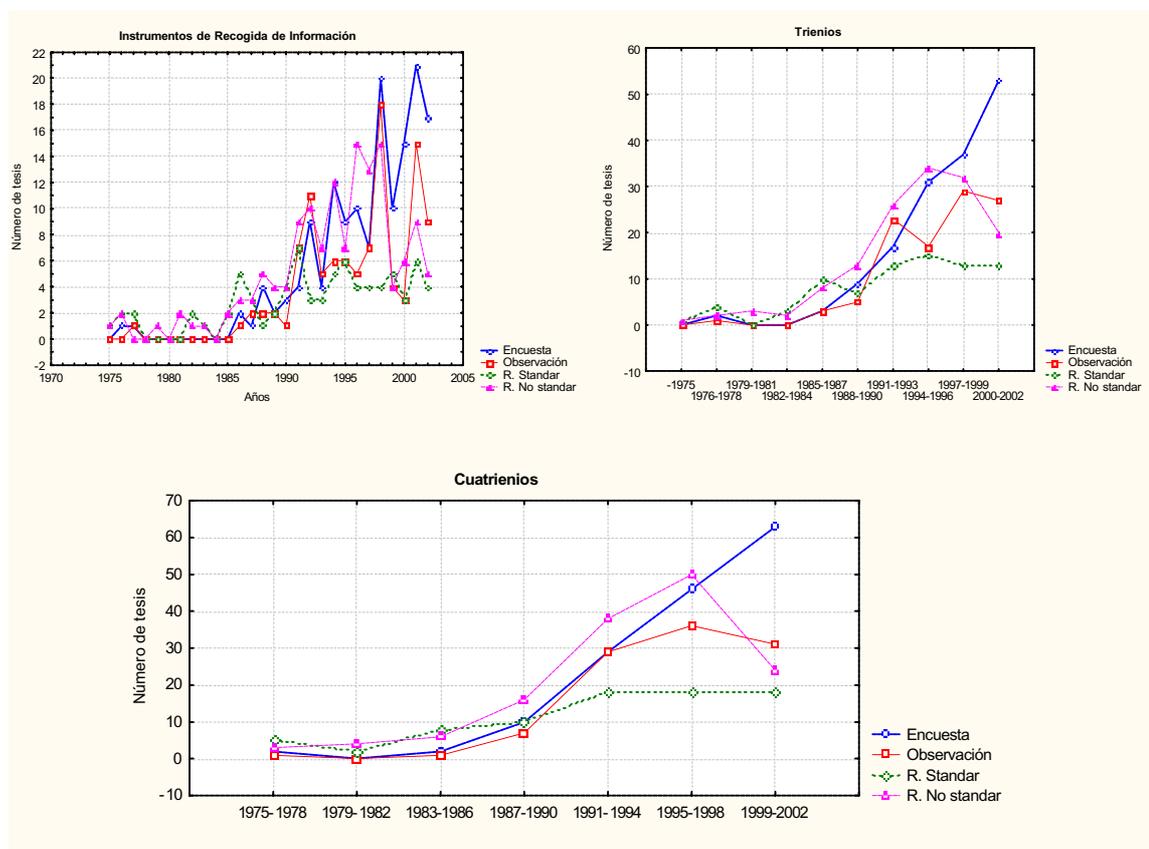


Figura 97. Desarrollo diacrónico de los instrumentos de recogida de datos (1975-2002).

De los instrumentos de observación destacan los años 1998 y 2001, en los cuales aquellos pasan a ser el segundo tipo de instrumentos más utilizados.

Finalmente, los instrumentos de realización estandarizados han tenido un uso escaso pero muy homogéneo a lo largo de todo el periodo de análisis, no existiendo cambios de tendencia destacables.

## A. Ajuste.

Atendiendo a la clasificación realizada, el ajuste de los instrumentos de encuesta sería:

- A. Modelo ARIMA (4,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 5,43
- C. Tendencia lineal:  $-1356,16 + 0,68 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,48$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	4,17466	1,34748		0,166727	
(B)	42,6984	5,40816		-1,39571E-15	
(C)	11,3947	2,69317		5,68434E-14	
(D)	15,8278	2,58261		2,16522	
(E)	12,2391	2,00437		1,23492	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,0432	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6,5344	OK	***	***	***	***
(C)	3,3756	OK	OK	*	OK	*
(D)	3,97842	OK	OK	OK	**	***
(E)	3,49844	OK	OK	OK	OK	***

El modelo con un destacable error cuadrático menor que los restantes modelos es el modelo ARIMA (4,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox; modelo que además verifica todos los supuestos de tal análisis.

De los modelos clásicos, con un mayor ajuste, destaca el modelo alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,48$ . Modelo que confirma cuatro de los cinco tests realizados, obteniendo un nivel de significatividad alto ( $p > 0,01$ ) en el test de la varianza.

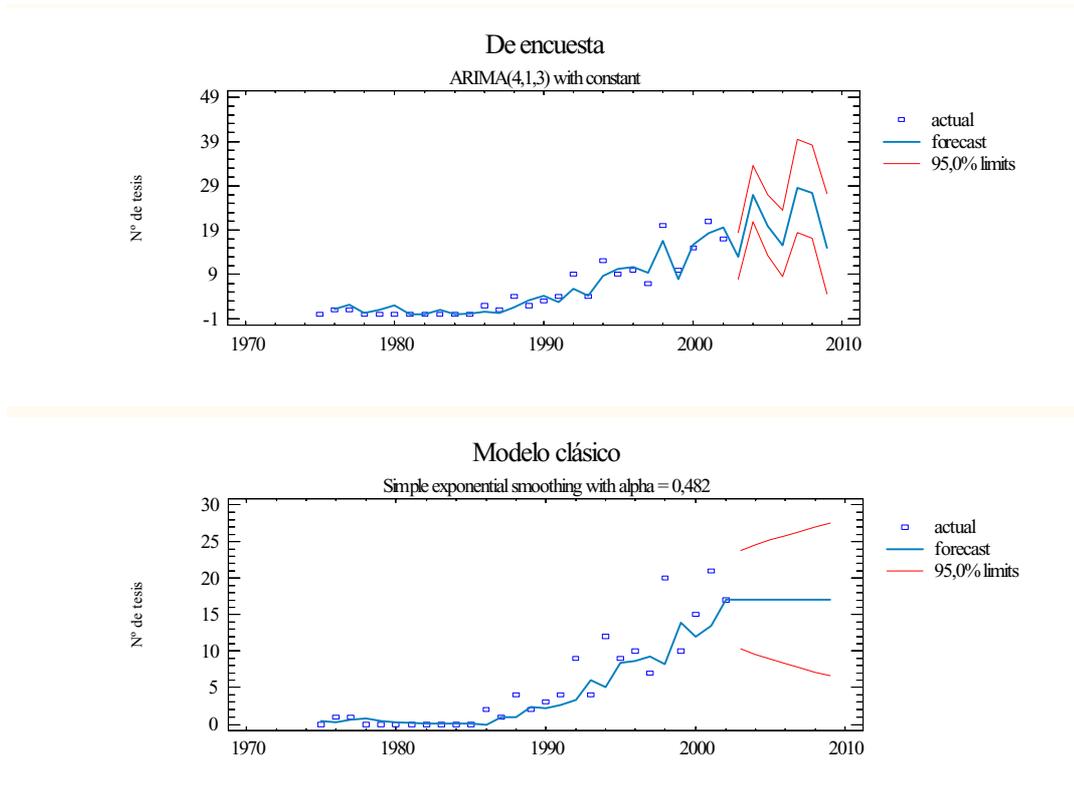


Figura 98. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de encuesta.

En segundo lugar los instrumentos de observación, se ajustarían a los modelos:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 3,75
- C. Tendencia lineal:  $-854,45 + 0,43 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,30$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	5,89597	1,4874		0,119833	
(B)	22,8611	3,69643		0,0	
(C)	10,6518	2,21298		4,06024E-15	
(D)	15,6504	2,30435		1,1913	
(E)	14,132	2,00398		1,05494	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,42816	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,78133	***	***	***	***	***
(C)	3,26372	**	*	OK	OK	***
(D)	3,95606	**	OK	OK	OK	***
(E)	3,75925	***	OK	OK	OK	***

Del mismo modo, en esta ocasión, el único modelo que confirma los tests realizados, con un menor porcentaje de errores, es el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox.

Con un error MSE que asciende a 14,13; el segundo mejor ajuste es el modelo clásico alisado simple exponencial con alpha 0,30; denotando de este modo un crecimiento menos acentuado que en el caso de los instrumentos de encuesta ( $\alpha = 0,48$ ).

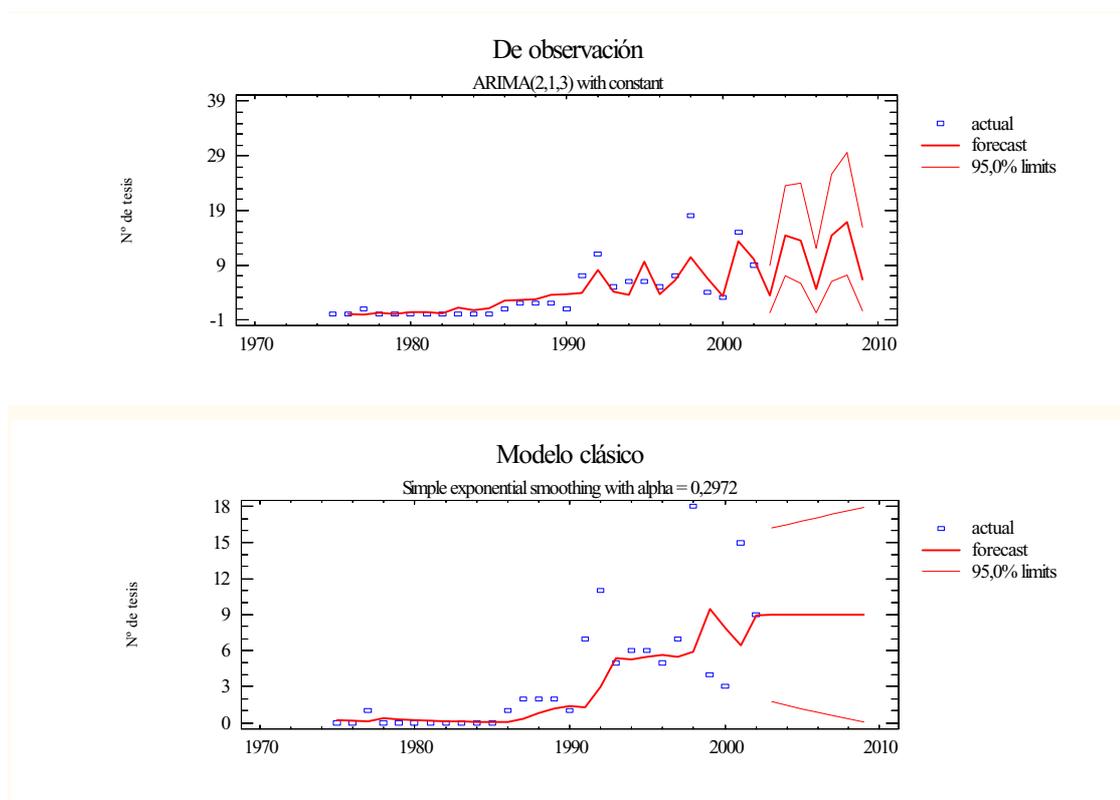


Figura 99. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de observación.

Con respecto a los instrumentos de realización standarizados, el ajuste sería:

- A. Modelo ARIMA (3,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,82
- C. Tendencia lineal:  $-354,72 + 0,18 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con alpha = 0,33

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,7663	0,937484		0,0768262	
(B)	4,15212	1,69133		-2,85486E-16	
(C)	2,04007	1,12579		4,46627E-14	
(D)	2,40696	1,18261		0,486957	
(E)	2,52102	1,20648		0,352854	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,32902	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,03767	*	***	***	***	OK
(C)	1,42831	*	OK	OK	OK	OK
(D)	1,55144	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	1,58777	*	OK	OK	OK	OK

Para este tipo de instrumentos el ajuste total es a dos modelos: al modelo ARIMA (3,1,2) con ajuste Box-Cox y el modelo de tendencia lineal  $y = -354,72 + 0,18 t$ .

Este primer modelo es considerado como el mejor modelo de ajuste; con un menor porcentaje de errores.

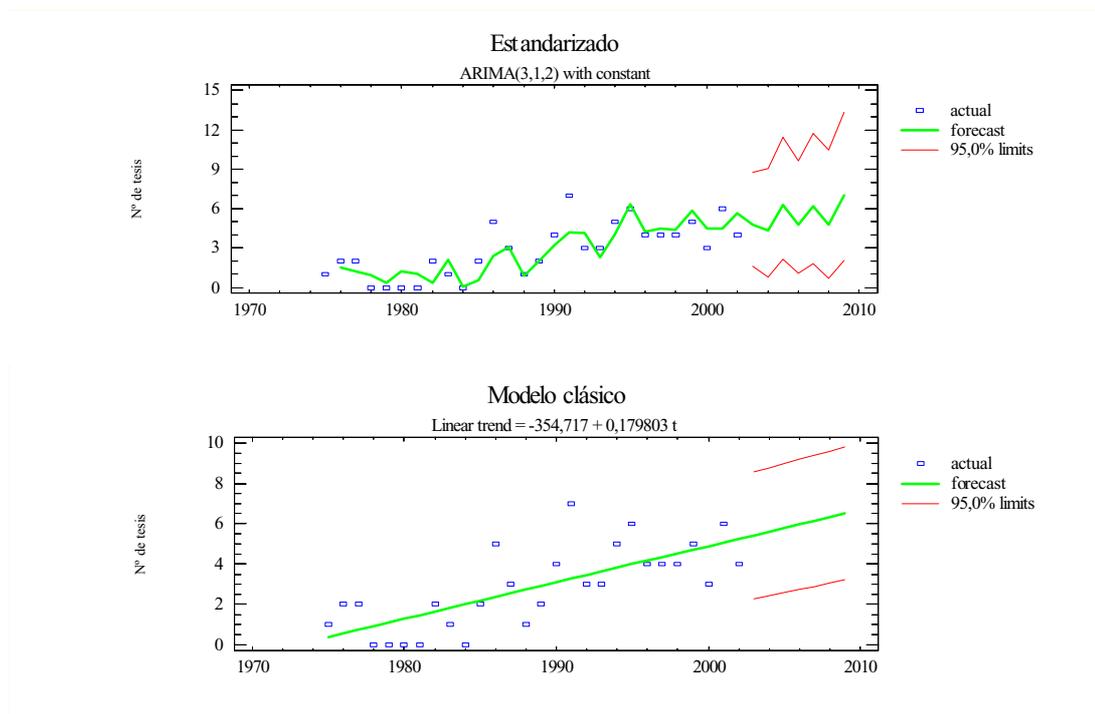


Figura 100. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de realización estandarizados.

Como modelo clásico, seleccionado como el de mayor ajuste, el modelo de tendencia lineal  $y = -354,72 + 0,18 t$  presenta un error cuadrático menor que este otro

modelo; arrojando un nivel de significatividad marginal ( $0,05 < p < 0,10$ ) en el test de rachas excesivas, superior e inferior; único supuesto que no ratifica en su totalidad.

Por último, los instrumentos de realización no standarizados se ajustarían a los siguientes modelos:

- A. Modelo ARIMA (1,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 5,04
- C. Tendencia lineal:  $-831,40 + 0,42 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,51$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	8,91112	1,87792		0,325488	
(B)	21,5172	3,7602		6,34413E-16	
(C)	9,91178	2,31803		-9,74459E-14	
(D)	12,2609	2,74783		0,8	
(E)	9,39804	2,11405		0,388462	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,98515	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,63866	OK	***	***	***	***
(C)	3,1483	OK	*	OK	OK	***
(D)	3,50155	OK	OK	OK	OK	***
(E)	3,06562	OK	OK	OK	OK	***

En estos instrumentos el ajuste total, más óptimo, sería el modelo ARIMA (1,1,4) con ajuste matemático Box-Cox, siendo éste modelo el que presenta un menor porcentaje de errores. Dentro de los modelos clásicos, el de mayor ajuste es el modelo alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,51$ . Este modelo confirma 4 de los 5 tests realizados, arrojando en el test de varianza una significatividad alta ( $p < 0,01$ ).

La representación gráfica de ambos modelos seleccionados pertenece a la figura 101, en la que se denotan los patrones de ajuste y futuros valores estimados.

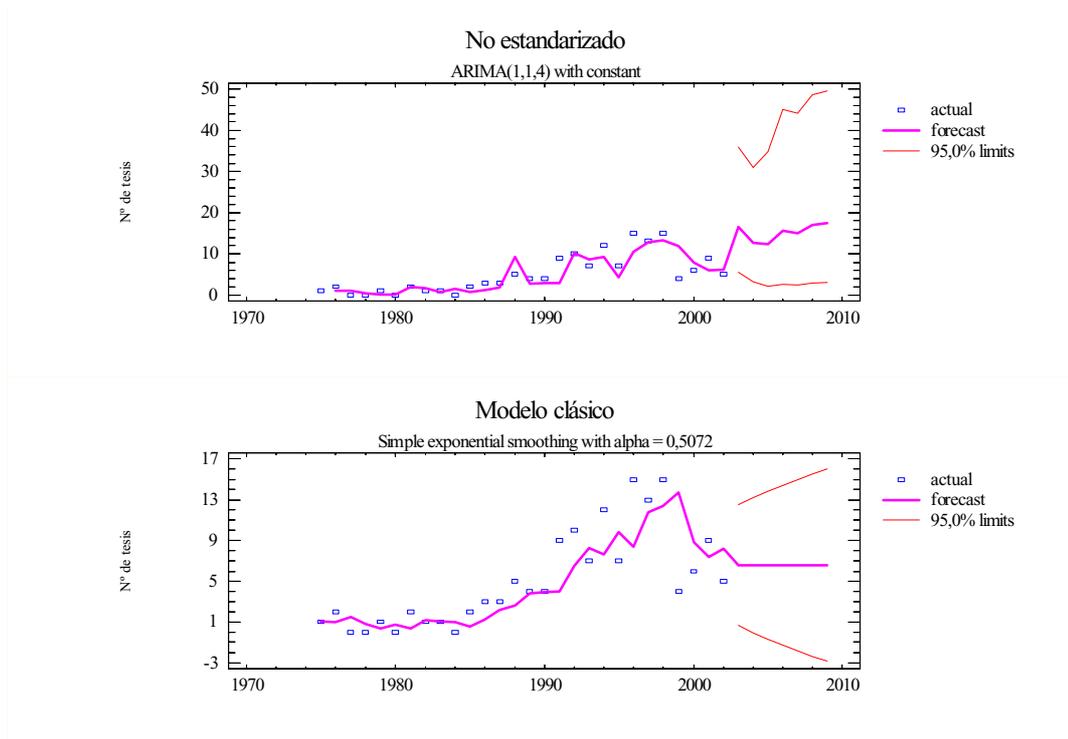


Figura 101. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los instrumentos de realización no estandarizados.

**B. Pronósticos.**

Seleccionados los mejores modelos de ajuste para los diferentes tipos de instrumentos, los valores-pronósticos determinan:

Tabla 82. Valores-pronósticos de los instrumentos de recogida de datos

Pronóstico	Instrumentos				Límite inferior 95,0%				Límite superior 95,0%			
	E	O	S	NS								
2003	12	10	5	16	8	2	9	5	17	20	9	35
2004	27	10	4	13	22	1	1	3	33	25	9	31
2005	19	9	6	12	13	1	2	2	26	26	11	34
2006	15	9	5	16	8	0	1	3	22	29	10	45
2007	28	9	6	15	19	0	2	2	38	30	12	44
2008	27	9	5	16	18	0	1	3	37	32	10	49
2009	13	9	7	17	3	0	2	3	24	33	13	49

- La observación y los instrumentos de realización standarizados se seguirán utilizando, pero a bajas tasas y sin grandes oscilaciones.
- La encuesta continuará siendo ese instrumento panacea aunque irá apareciendo y desapareciendo con más o menos frecuencia y con notables fluctuaciones.

- Los instrumentos no estandarizados presentan una situación de cierta estabilidad, en la que no se destacan grandes crecimientos ni depreciaciones.

#### 8.4.8. Variable 34. Evolución diacrónica de la validez de los instrumentos.

La preocupación de la validez del instrumento es la que va a determinar el grado de efectividad de lo que se está midiendo. De este modo, se pretende constatar si tal preocupación queda explicitada en la elaboración de las tesis doctorales. Las categorías establecidas para esta variable han sido: prueba piloto, validez de contenido, validez de criterio, validez de constructo y paracualitativas (validez interna o de credibilidad y externa o de transferibilidad<sup>?</sup>).

Tabla 83. Desarrollo diacrónico anual de la validez de los instrumentos

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Piloto</i>	1								
<i>Contenido</i>	1								
<i>Criterio</i>	-								
<i>Constructo</i>	1								
<i>Paracualitativas</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Piloto</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Contenido</i>	1	-	-	1	-	-	-	1	-
<i>Criterio</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Constructo</i>	-	-	-	1	-	-	-	1	-
<i>Paracualitativas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Piloto</i>	1	3	3	1	-	2	4	5	4
<i>Contenido</i>	1	2	1	-	1	2	5	1	4
<i>Criterio</i>	1	1	2	1	2	2	2	1	-
<i>Constructo</i>	1	1	-	-	2	1	3	1	-
<i>Paracualitativas</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Piloto</i>	5	3	4	10	5	2	8	5	6
<i>Contenido</i>	4	5	4	6	6	3	4	3	3
<i>Criterio</i>	1	1	2	2	1	-	-	-	-
<i>Constructo</i>	2	1	2	2	2	-	-	1	1
<i>Paracualitativas</i>	2	-	-	-	1	1	1	3	-

<sup>?</sup> La proliferación de términos afines que engloban a los conceptos de validez y fiabilidad en investigación raya la plétora. Así Fernández Cano (1995) ha establecido las siguientes equivalencias:

- Validez interna: Credibilidad: Intensidad: Vivacidad
- Validez externa: Aplicabilidad: Transferibilidad: Generalización
- Fiabilidad interna: Objetividad, Neutralidad: Consistencia
- Fiabilidad externa: Confirmabilidad: Dependencia: Replicabilidad

El primer hallazgo a subrayar es una gran preocupación por la validez de los instrumentos de recogida de datos. Aunque, también es cierto que se puede considerar como una validez algo “pobre”, ya que la modalidad mayoritariamente utilizada es la realización de pruebas piloto, sustentada en un empirismo primario del “funciona y basta”; seguido por la validez de contenido obtenida por consenso entre expertos.

Estas dos modalidades reflejan un crecimiento con un fuerte carácter exponencial a partir de los años 90. Las restantes modalidades: validez de criterio, validez de constructo y paracualitativas, presentan una secuencia muy pobre/baja a lo largo de los años.

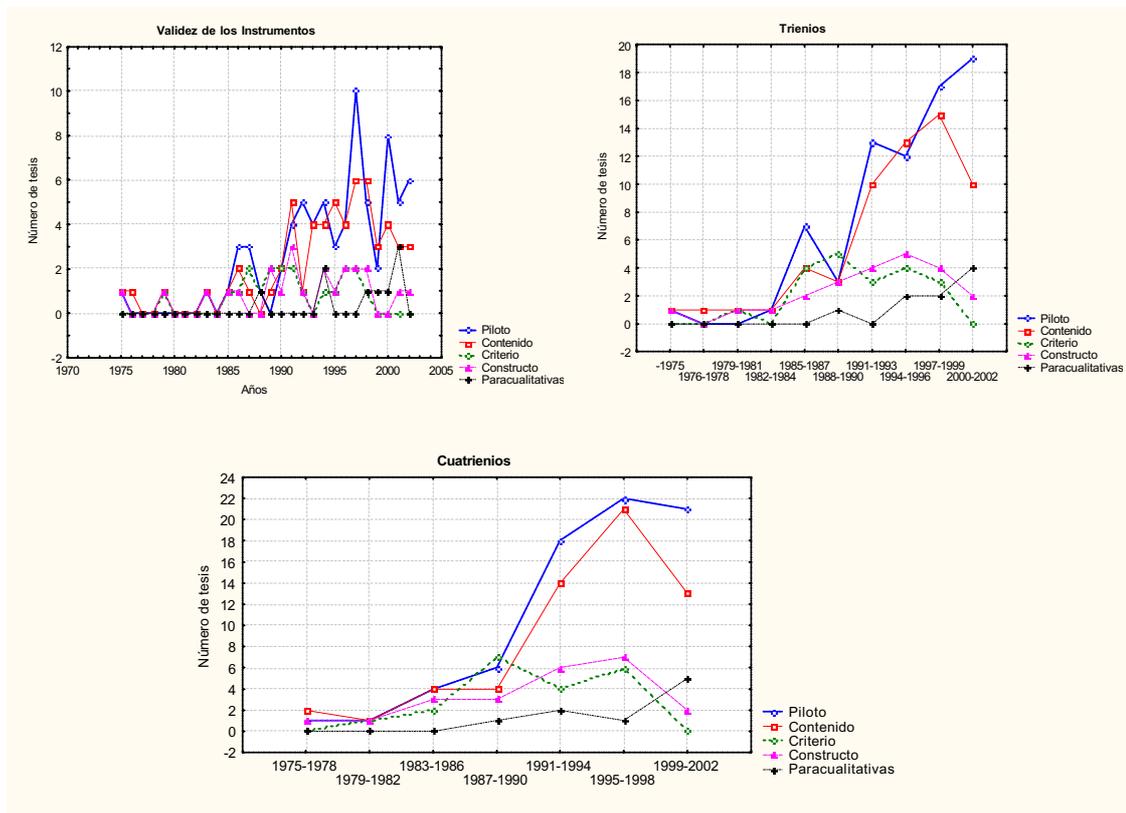


Figura 102. Desarrollo diacrónico de la validez de los instrumentos (1975-2002).

A continuación se presenta un gráfico en el que se han aunado estas diferentes modalidades, con la intencionalidad de conocer, además de dichas modalidades de validez, si se enuncia o no tal aspecto metodológico.

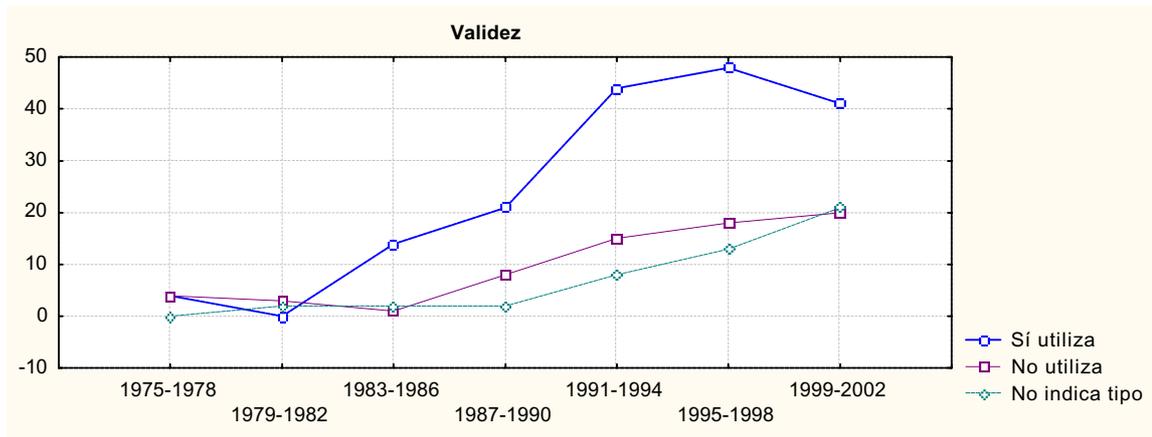


Figura 103. Desarrollo diacrónico del enunciado o no de la validez.

Es destacable certificar una preocupación por explicitar esta cuestión metodológica enunciando claramente qué tipos de validez se utilizan. Pero, por otro lado, se produce una situación paralela entre aquellos autores que no hacen uso de procedimientos de validez en sus instrumentos de recogida de datos; de aquellos que sí lo hacen pero no enuncian qué modalidad específica es la elegida o seleccionada.

### A. Ajuste.

El ajuste se realiza en torno a las series de “sí utiliza” procedimientos de ajuste vs. “no utiliza” tales procedimientos. En el caso afirmativo el ajuste sería:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 6,29
- C. Tendencia lineal:  $-1010,28 + 0,51 t$
- D. Media móvil simple de 4 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,43$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	10,5321	2,12596		0,385136	
(B)	28,2857	4,37755		6,66134E-16	
(C)	11,009	2,32868		0,0	
(D)	14,0964	2,53125		0,947917	
(E)	12,7398	2,47135		0,703612	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,24533	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,31843	OK	***	***	***	*
(C)	3,31798	OK	OK	OK	OK	**
(D)	3,75451	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	3,56928	OK	OK	OK	OK	**

El mejor modelo de ajuste para esta serie temporal es el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox, con un porcentaje de error menor que en de los modelos restantes, además de confirmar todos los supuestos realizados en tal análisis temporal.

Con un error MSE = 0,11 destaca el modelo de tendencia lineal  $y = -1010,28 + 0,51 t$ , que sería considerado el modelo óptimo de los modelos clásicos. Este modelo únicamente no ratifica el test de la varianza, arrojando una significatividad media (0,01  $p > 0,05$ ).

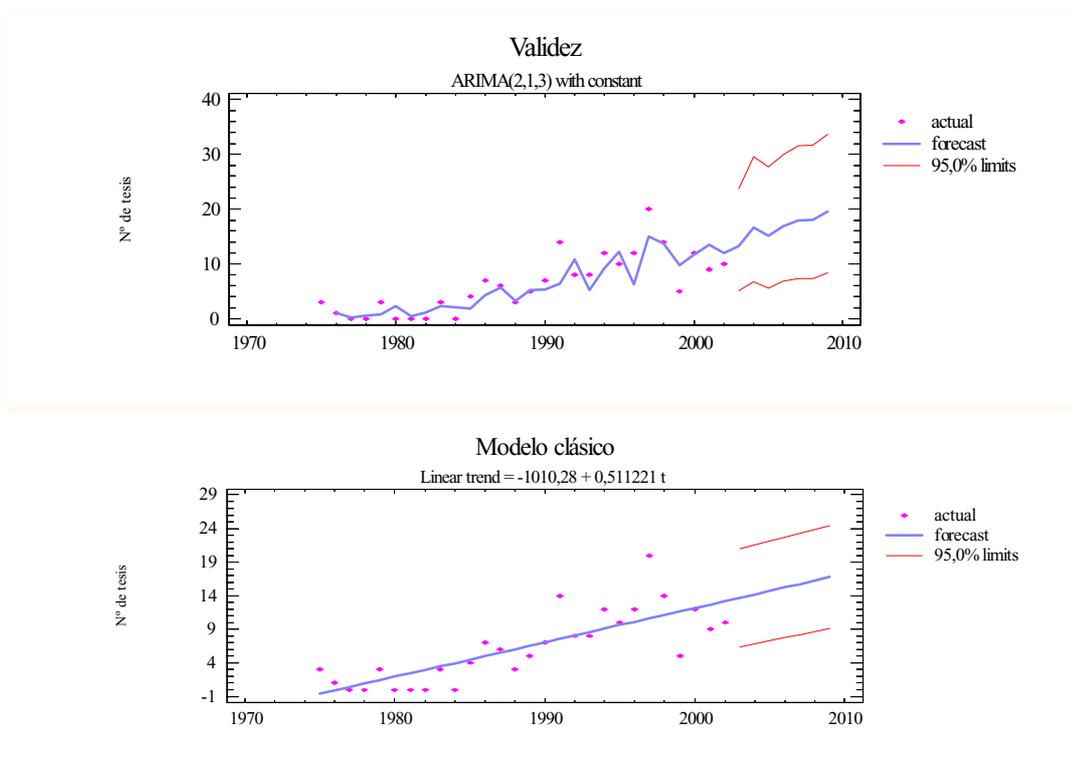


Figura 104. Modelo gráfico ARIMA y Clásico sobre indagación de la validez del instrumento.

El ajuste a los modelos seleccionados, en el caso de no utilizar ninguna modalidad de validez, sería:

- A. Modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 1,46
- C. Tendencia lineal:  $-405,14 + 0,20 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,28$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,48229	1,10367		0,303301	
(B)	5,44312	1,99235		-7,61296E-16	
(C)	2,69996	1,36203		-8,12049E-15	
(D)	3,60696	1,3913		0,556522	
(E)	3,55005	1,34894		0,513636	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,57553	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,33305	OK	*	***	***	**
(C)	1,64316	OK	OK	OK	OK	*
(D)	1,8992	OK	OK	OK	OK	**
(E)	1,88416	OK	OK	OK	OK	**

En este caso negativo, el mayor ajuste se produce al modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox, con un error cuadrático medio (MSE) de 2,48; confirmando los cinco test realizados. En este caso, el mejor ajuste se produce con una media móvil de 2 (MA) y no de 3, como en el caso de sí utilizar procedimientos de validez.

Con un error MSE de 2,7; el segundo mejor ajuste se efectúa al modelo clásico de tendencia lineal  $y = -405,14 + 0,20 t$ , que no ratifica el test de la varianza, con un nivel de significatividad marginal ( $0,05 > p > 0,10$ ).

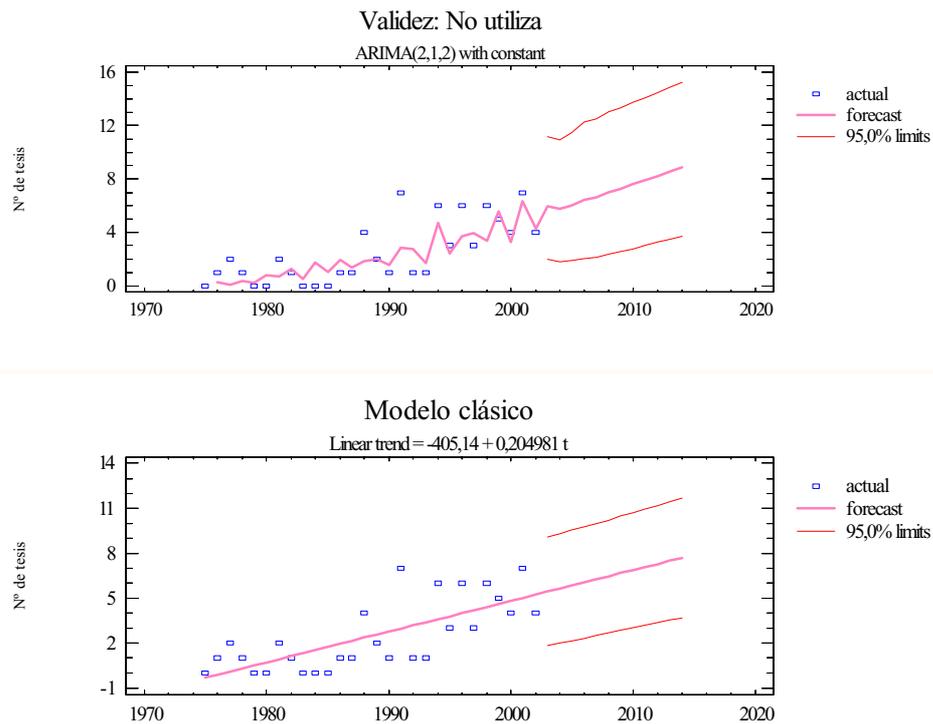


Figura 105. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “no utiliza” validez.

**B. Pronósticos.**

Ambos modelos ARIMA estipulan los siguientes valores prospectivos para los próximos 7 años:

Tabla 84. Valores-pronósticos de la validez de los instrumentos

Pronósticos	Validez		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Sí	No				
2003	13	6	5	2	24	11
2004	16	6	6	2	29	11
2005	15	6	5	2	27	11
2006	17	6	7	2	30	12
2007	18	7	7	2	31	13
2008	18	7	7	2	32	13
2009	19	8	8	3	33	14

Estos valores determinan que para el periodo 2003-2009, va a producirse una progresiva preocupación por la validez, en paralelo al incremento de la producción general de tesis doctorales.

En lo relativo al “no utiliza” observamos, más que un aumento, una situación de cierta estabilidad, obteniendo valores similares a los descritos en el análisis anterior. Al comparar las pendientes de regresión, observamos que la tendencia de la validez de los instrumentos de recogida de datos es bastante más acusada ( $a = 0,51$ ; arcotangente  $a = 27^\circ$ ) que la tendencia de no estudiar la validez de los mismos ( $a = 0,20$ ; arcotangente  $a = 11,3^\circ$ ). Por lo tanto, si comparamos tanto los datos como los pronósticos relativos a la validez con las metodologías de investigación (variable 33), constatamos que la preocupación por la validez no es una preocupación de una sola metodología, sino que las comprende a todas.

#### 8.4.9. Variable 35. Evolución diacrónica de la fiabilidad de los instrumentos.

La fiabilidad es un concepto relativo a la consistencia-precisión de las medidas. La clasificación establecida en este caso han sido las modalidades de: estabilidad, equivalencia y consistencia interna; por ser éstas las mayoritariamente utilizadas. Otros tipos de fiabilidad más paracualitativas, aquí no consideradas, al tener una presencia esporádica y muy aislada temporalmente.

Tabla 85. Desarrollo diacrónico anual de los instrumentos de recogida de datos

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Estabilidad</i>	-								
<i>Equivalencia</i>	-								
<i>Cons. interna</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Estabilidad</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Equivalencia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cons. interna</i>	1	-	-	-	-	-	-	1	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Estabilidad</i>	-	1	-	1	-	1	1	1	-
<i>Equivalencia</i>	1	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Cons. interna</i>	2	2	1	1	1	-	5	2	4
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Estabilidad</i>	1	-	-	2	-	1	1	-	-
<i>Equivalencia</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Cons. interna</i>	5	2	2	5	2	3	2	3	1

Es destacable la escasa inquietud por la fiabilidad de los instrumentos de recogida de datos. Tal despreocupación aún disminuye más a principios de los años 90, cuando empieza a emerger el paradigma interpretativo, tan ajeno a cuestiones de fiabilidad en la medida.

De los tipos de fiabilidad más utilizados destaca el de consistencia interna, produciéndose el máximo incremento de uso en los años 90. De las restantes tipologías, su utilización ha venido marcado por un fuerte carácter ocasional.

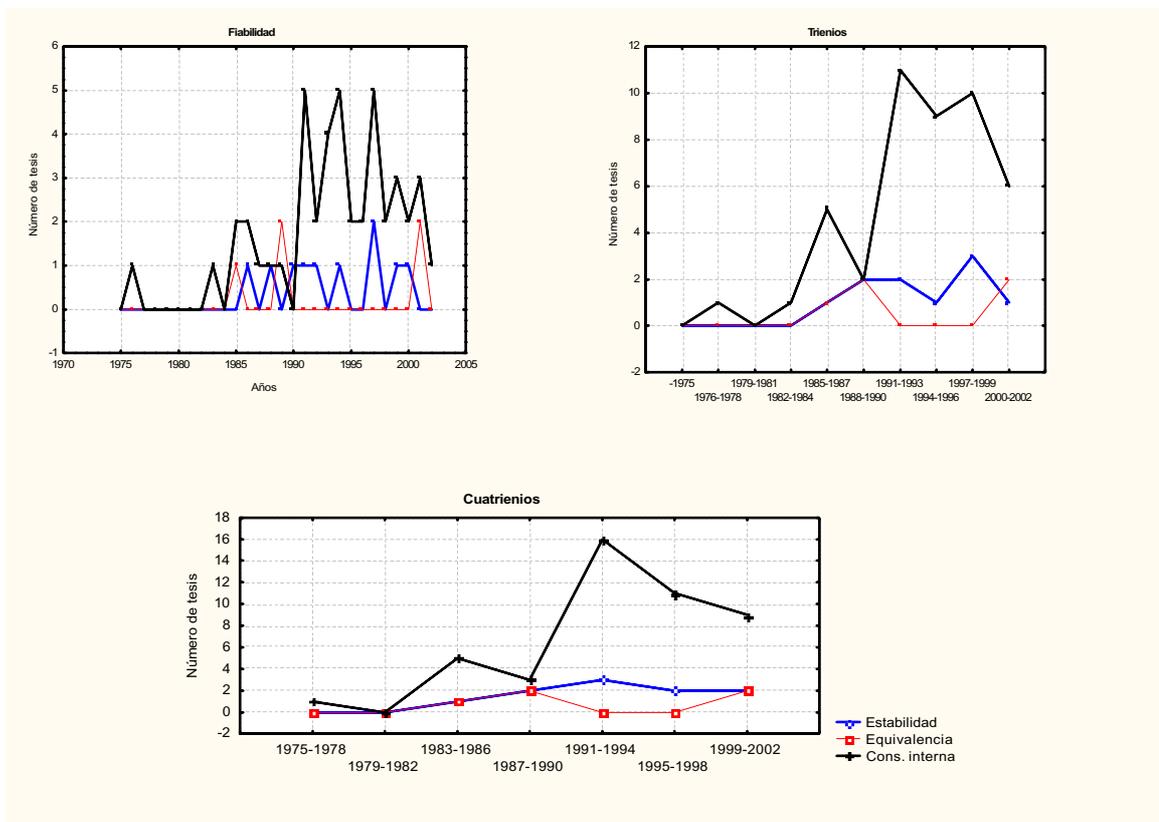


Figura 106. Desarrollo diacrónico de la fiabilidad de los instrumentos (1975-2002).

De nuevo se realiza una clasificación en relación a la utilización de la fiabilidad de los instrumentos de recogida de datos. Los resultados se recogen en el siguiente gráfico.

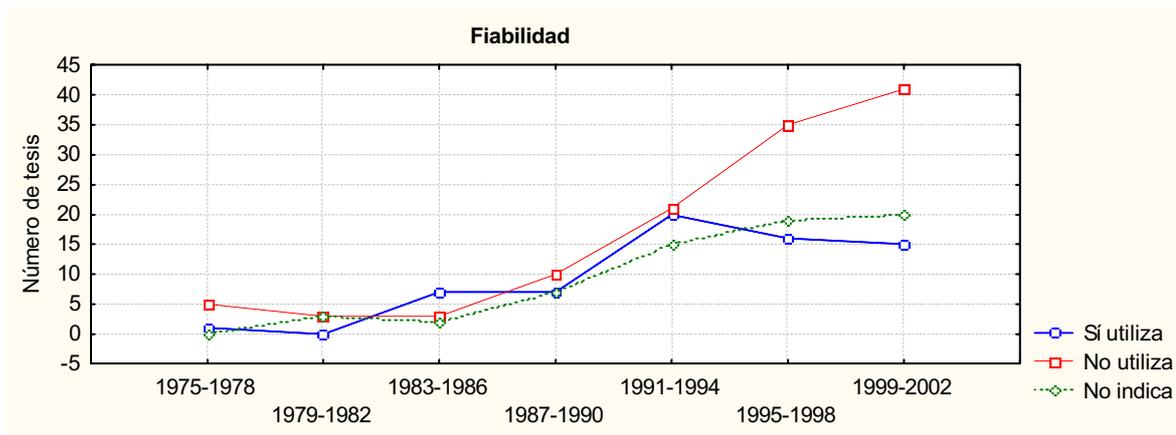


Figura 107. Desarrollo diacrónico del enunciado o no de la fiabilidad.

Se observa que en lo relativo a la fiabilidad se produce una situación totalmente contraria que en el caso de la validez. Este análisis nuevamente expresa la escasa preocupación por esta cuestión metodológica.

Igualmente se aprecia la tendencia cada vez mayor de no explicitar los procedimientos utilizados para garantizar la fiabilidad de los instrumentos *ad hoc*, o no estandarizados.

#### A. Ajuste.

El ajuste de la distribución referente al “sí utiliza” procedimientos de fiabilidad es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,21
- C. Tendencia lineal:  $-340,63 + 0,17 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,28$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,14829	1,2572		0,0952981	
(B)	4,61905	1,7602		-6,97854E-16	
(C)	2,70784	1,26214		-1,01506E-14	
(D)	3,74609	1,54783		0,382609	
(E)	3,24404	1,34401		0,371749	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,77434	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,1492	OK	**	***	***	**
(C)	1,64555	OK	OK	OK	OK	***
(D)	1,93548	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	1,80112	OK	OK	OK	OK	***

El ajuste total de esta serie temporal se produce a dos modelos: modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox y al modelo clásico de media móvil de 5 términos. Este primer modelo ARIMA es el modelo al que se produce un mayor ajuste; pero el modelo clásico, a pesar de ratificar todos los tests realizados, no se considera un buen modelo de ajuste.

De los modelos clásicos se selecciona el modelo de tendencia lineal  $y = -340,63 + 0,17 t$ , al tener éste un porcentaje de errores menor que el modelo de media móvil.

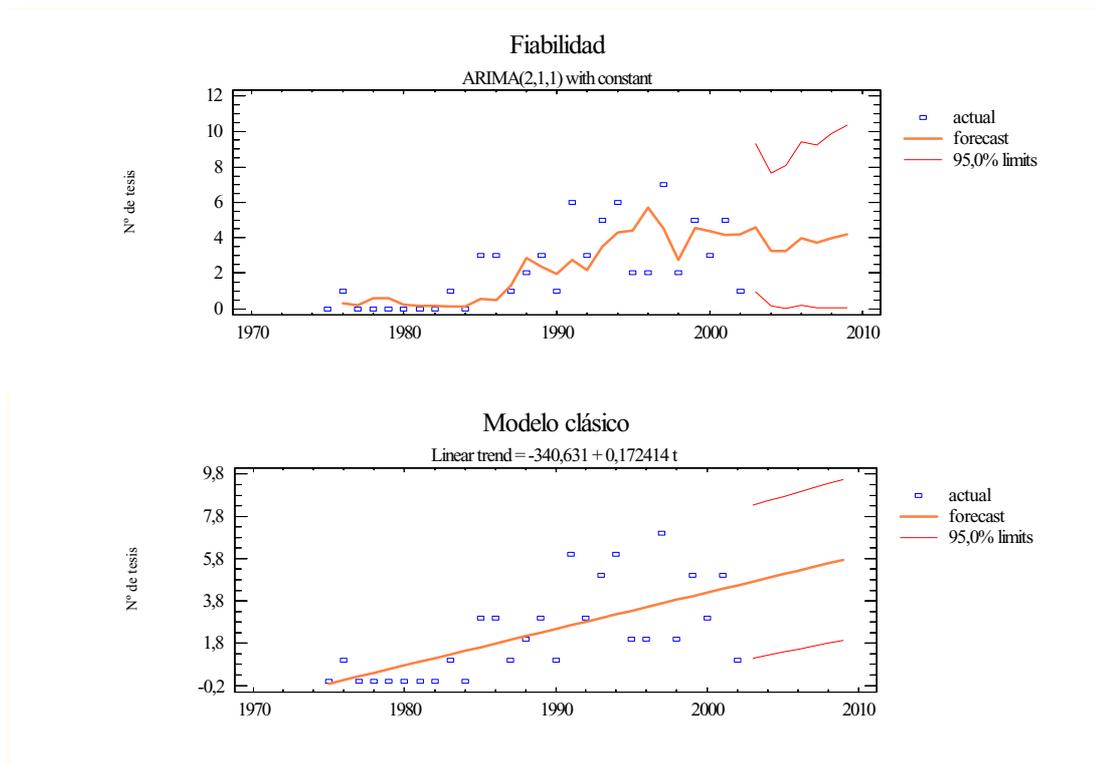


Figura 108. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “sí utiliza” fiabilidad

La distribución de aquellas tesis doctorales que no han utilizado procedimientos de fiabilidad, se ajustaría a los modelos:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox

- B. Media constante = 5,75
- C. Tendencia lineal:  $-1182,23 + 0,60 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,47$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,04854	1,81203		0,408141	
(B)	33,0093	4,91071		0,0	
(C)	9,19838	2,30915		7,30844E-14	
(D)	13,2052	2,86087		1,86957	
(E)	10,9205	2,4147		1,03758	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,65491	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,74537	OK	**	***	***	***
(C)	3,03288	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	3,6339	OK	OK	OK	*	*
(E)	3,30462	OK	OK	OK	OK	***

El mejor modelo de ajuste es el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox.

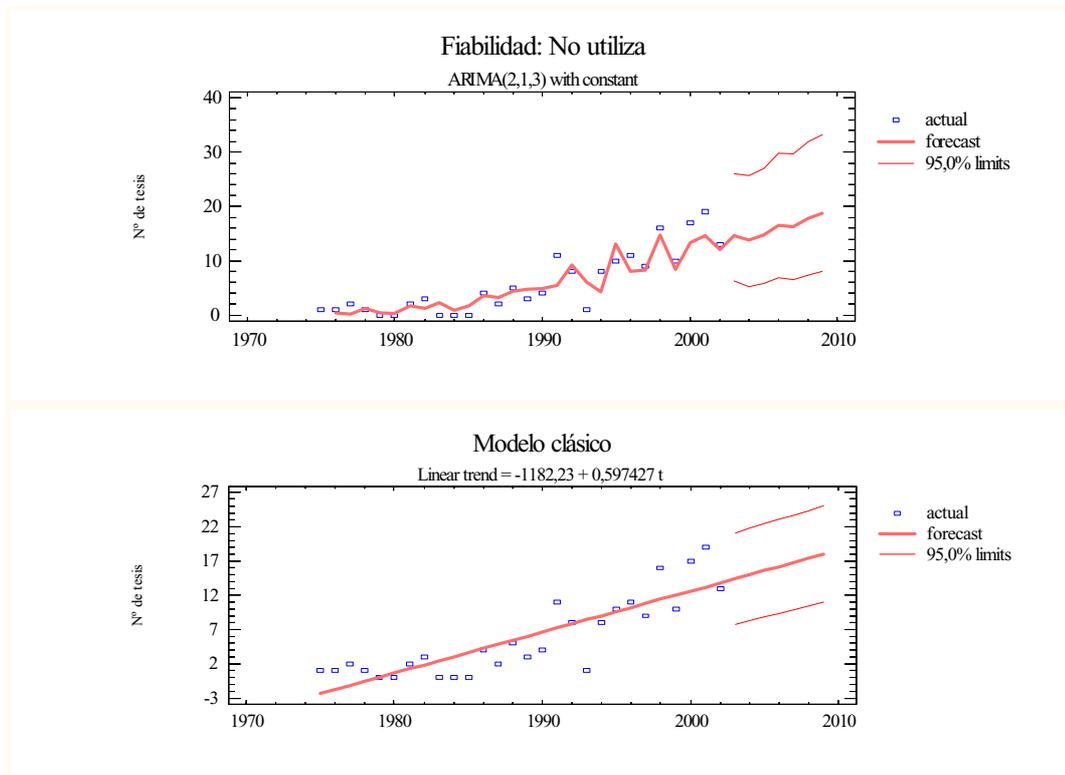


Figura 109. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando “no utiliza” fiabilidad.

De los modelos clásicos se seleccionaría el modelo de tendencia lineal  $y = -1182,23 + 0,60 t$ , modelo que ratifica todos los tests realizados en este ajuste, con un error cuadrático medio de 9,2.

## B. Pronósticos.

En torno a la fiabilidad, y según los modelos adoptados como los de mayor ajuste, los valores a esperar para los próximos 7 años serían:

Tabla 86. Valores-pronósticos de la fiabilidad de los instrumentos

Pronósticos	Fiabilidad		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Sí	No				
2003	4	14	1	8	6	21
2004	5	15	1	8	6	22
2005	5	16	1	9	9	22
2006	5	16	2	9	9	23
2007	5	17	2	10	9	24
2008	6	17	2	10	9	24
2009	6	18	2	11	10	25

Este análisis ratifica la despreocupación continuada de la fiabilidad de los instrumentos de recogida de datos para este próximo periodo. En donde utilizar procedimientos que garanticen una mayor fiabilidad de los datos recogidas y, por tanto, de las conclusiones establecidas, va a mantenerse en una situación de precariedad. Hallazgo que resulta altamente preocupante.

### 8.4.10. Variable 36. Evolución diacrónica de la unidad de análisis.

Con esta variable se pretende dejar constancia de cuál ha sido el patrón de desarrollo seguido por la unidad básica de análisis más investigada a lo largo del periodo de estudio.

La clasificación de dichas unidades se ha realizado en: alumnos/sujetos, profesores, clases, documentos y una categoría miscelánea de otros.

Tabla 87. Desarrollo diacrónico anual de la unidad de análisis

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Alumnos</i>	1								
<i>Profesores</i>	-								
<i>Clases</i>	-								
<i>Documentos</i>	-								
<i>Otros</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Alumnos</i>	1	2	-	1	-	2	3	1	-
<i>Profesores</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clases</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Documentos</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Otros</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Alumnos</i>	1	6	4	5	4	6	11	9	7
<i>Profesores</i>	1	2	1	-	-	-	2	2	-
<i>Clases</i>	1	1	-	-	1	-	3	1	1
<i>Documentos</i>	-	-	-	2	2	-	1	-	-
<i>Otros</i>	1	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Alumnos</i>	11	11	11	15	13	6	15	21	8
<i>Profesores</i>	1	-	2	1	4	4	3	3	6
<i>Clases</i>	3	2	2	1	1	1	1	3	2
<i>Documentos</i>	3	1	2	4	4	2	1	1	2
<i>Otros</i>	1	-	-	-	-	2	-	-	1

Desde un principio, el alumno es la unidad básica de análisis más investigada a lo largo de todo el periodo (1975-2002). Las otras unidades (profesores, clases o documentos) no ofrecen un patrón de desarrollo visible; despertando un interés, por parte de los investigadores, muy similar en el tiempo. Tal vez en el último cuatrienio hayan surgido más estudios centrados en el profesor.

Este hallazgo refleja el interés desbordado que existe por el alumno, en detrimento de los demás agentes que intervienen en el proceso educativo. Probablemente es la unidad de análisis a la que más fácilmente se puede acceder, investigar e incluso evaluar.

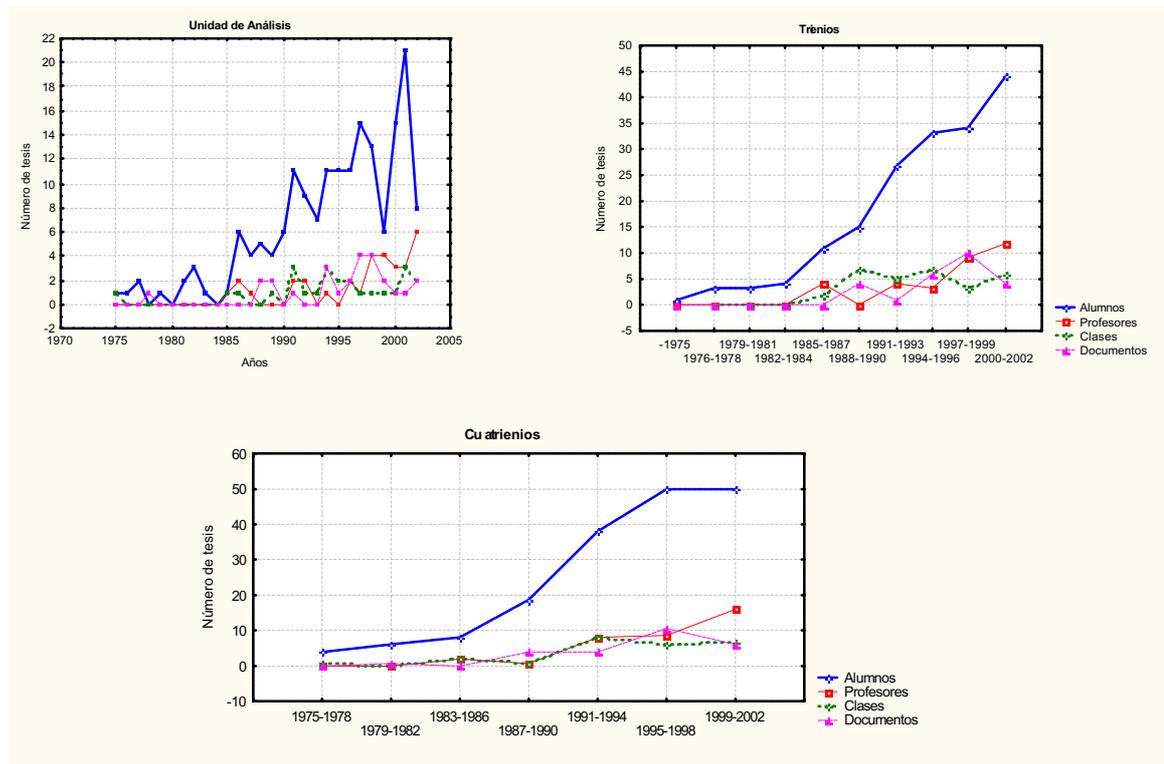


Figura 110. Desarrollo diacrónico de la unidad básica de análisis (1975-2002).

### A. Ajuste.

De todas las unidades de análisis se selecciona, para este análisis de ajuste, las dos de mayor frecuencia de estudio. Éstas son: alumnos y profesores.

En el caso de los alumnos el ajuste a los modelos sería:

- Modelo ARIMA (2,2,2)
- Media constante = 6,25
- Tendencia lineal:  $-1133,85 + 0,57 t$
- Media móvil simple de 5 términos
- Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,38$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6,36978	1,7554		0,0269581	
(B)	30,787	4,51786		0,0	
(C)	8,87199	2,19333		4,06024E-14	
(D)	13,4539	2,86957		1,56522	
(E)	12,433	2,45893		1,0721	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,52384	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,54861	OK	***	***	***	***
(C)	2,97859	OK	OK	OK	OK	**
(D)	3,66796	OK	OK	OK	OK	**
(E)	3,52605	OK	OK	OK	OK	***

El ajuste total, y por tanto óptimo, se realiza al modelo ARIMA (2,2,2); un modelo que se ha integrado dos veces (valor  $d$ ,  $I$ ) para hacerlo más estacionario.

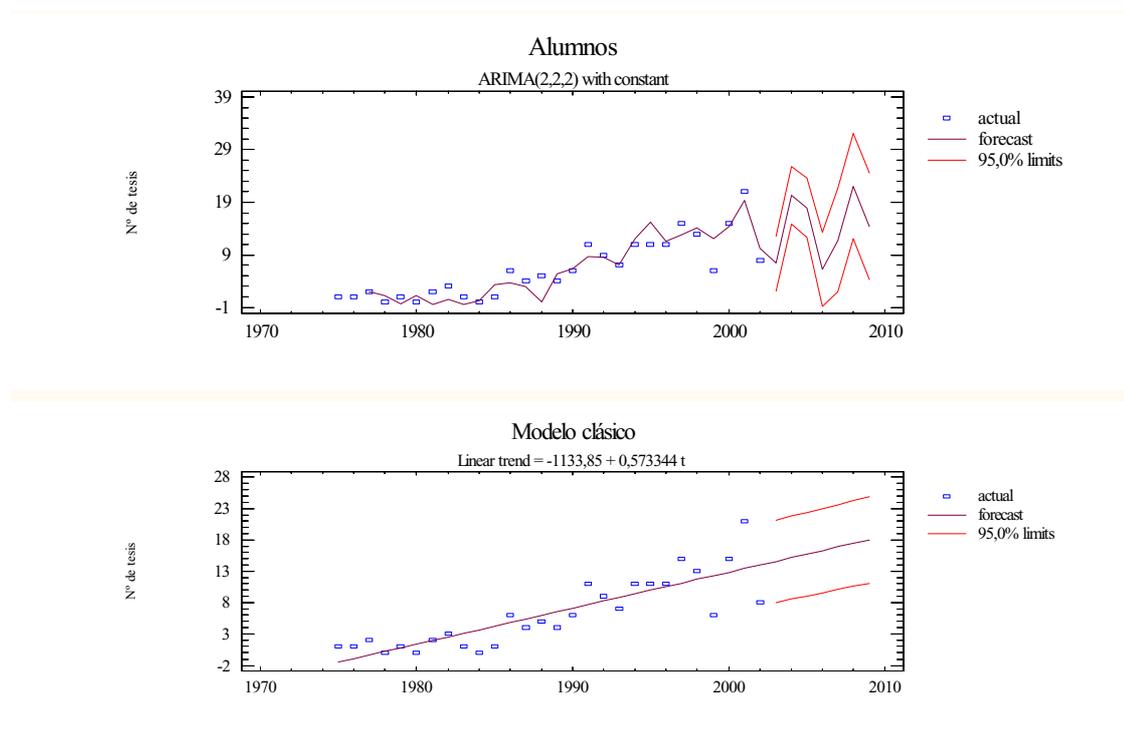


Figura 111. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los alumnos.

De los modelos clásicos, dos de ellos ratifican completamente todos los supuestos a contraste, a excepción del test de la varianza, con un nivel de significatividad medio: el modelo de tendencia lineal  $y = -1133,85 + 0,57 t$  y el modelo de media móvil simple de 5 términos. Finalmente se selecciona como mejor ajuste de los modelos clásicos el modelo lineal por tener tasas de error más bajas. En concreto, presenta un error cuadrático medio (MSE) de 8,87.

El ajuste relativo a los profesores, para los modelos de ajuste seleccionados determina que:

- A. Modelo ARIMA (3,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 1,14
- C. Tendencia lineal:  $-286,19 + 0,14 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,56$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	0,887273	0,609629		0,119353	
(B)	2,57143	1,26531		4,44089E-16	
(C)	1,20311	0,797091		-2,84217E-14	
(D)	1,67826	0,913043		0,547826	
(E)	1,20773	0,708107		0,300652	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	0,941951	OK	OK	OK	OK	*
(B)	1,60357	***		*	***	***
(C)	1,09686	***	**	OK	OK	***
(D)	1,29548	*	OK	OK	OK	**
(E)	1,09748	***	OK	OK	OK	***

---

La serie temporal relativa a esta unidad presenta grandes ausencias, valores 0. A pesar de ello, el mejor ajuste se produce a un modelo ARIMA (3,1,3) con ajuste de Box-Cox; no ratificando el test de la varianza, con un nivel de significatividad marginal ( $0,05 < p < 0,10$ ).

El segundo mejor ajuste se realiza al modelo clásico de alisado simple exponencial con  $\alpha 0,56$ . Este modelo sólo ratifica 3 de los 5 test realizados: el test de rachas excesivas, por encima y por debajo de mediana (RUNM), el test de Box-Pierce para las autocorrelaciones excesivas (AUTO) y el test de diferencias entre medias, primera mitad-segunda mitad (MEAN).

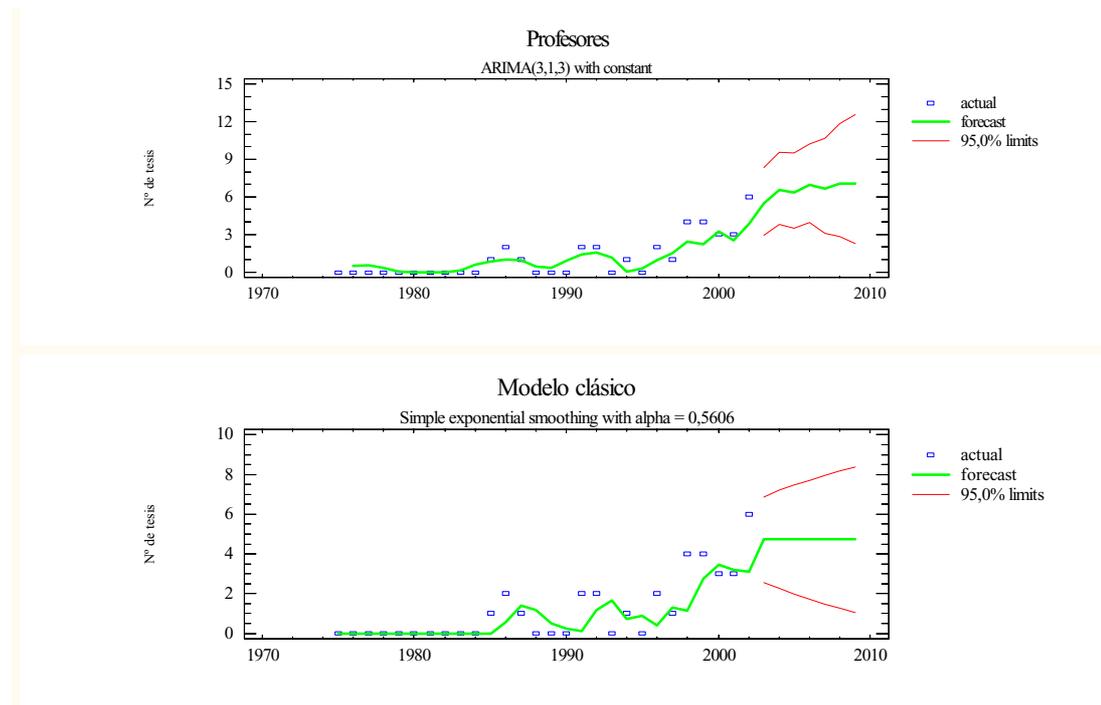


Figura 112. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los profesores.

## B. Pronósticos.

Estos dos modelos ARIMA establecen que los valores a esperar para los próximos 7 años son:

Tabla 88. Valores-pronósticos de las unidades básicas de análisis

Pronóstico	Muestra		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Alumnos	Profesores				
2003	7	5	2	2	12	8
2004	20	6	14	3	25	9
2005	18	6	12	3	23	10
2006	6	7	0	4	13	10
2007	11	6	2	3	21	11
2008	22	7	12	3	32	12
2009	14	7	4	2	25	12

A la vista de los valores obtenidos:

- Seguirá el crecimiento, aunque con notables oscilaciones con respecto a los estudios centrados en los alumnos, como unidades básicas de análisis. Los valores máximos de los límites inferior y superior son de 14 y 32 estudios-tesis respectivamente.

- Los estudios sobre los profesores se estabilizan en torno a un valor modal de 6 estudios anuales. Los valores máximos de los límites inferior y superior son de 4 y 12 tesis doctorales respectivamente.

8.4.11. Variable 37. Evolución diacrónica del nivel educativo de la muestra.

Ya se ha dicho que los alumnos son las unidades de análisis más investigadas a lo largo del periodo de estudio; se complementa este hallazgo con el análisis del nivel educativo al que pertenecen las unidades consideradas.

La categorización que se realiza es: Elemental o Primaria, que agruparía Infantil y Primaria; Enseñanza Secundaria, E.S.O. y Bachillerato; y Enseñanza Terciaria o Universidad.

Tabla 89. Desarrollo diacrónico anual del nivel educativo de la muestra

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Elemental</i>	-								
<i>Secundaria</i>	1								
<i>Terciaria</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Elemental</i>	1	-	-	1	-	2	4	1	-
<i>Secundaria</i>	2	1	-	-	-	2	1	-	-
<i>Terciaria</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Elemental</i>	1	7	3	4	1	3	12	7	3
<i>Secundaria</i>	1	3	2	2	5	4	7	7	6
<i>Terciaria</i>	1	-	-	1	1	-	3	-	3
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Elemental</i>	1	7	12	11	5	7	3	10	6
<i>Secundaria</i>	13	5	10	8	10	5	11	9	3
<i>Terciaria</i>	4	4	3	4	4	2	6	9	5

Hasta los años 90, la mayoría de los estudios se centran en aquellos niveles educativos que podemos denominar como “obligatorios”: Elemental y Secundaria; y a

partir de esta fecha tales enseñanzas o niveles reciben aún mayor atención. Enfatizar que los estudios centrados en la universidad arrancan con fuerza a principios de los 90, conformando un ciclo de crecimiento que aún se mantiene.

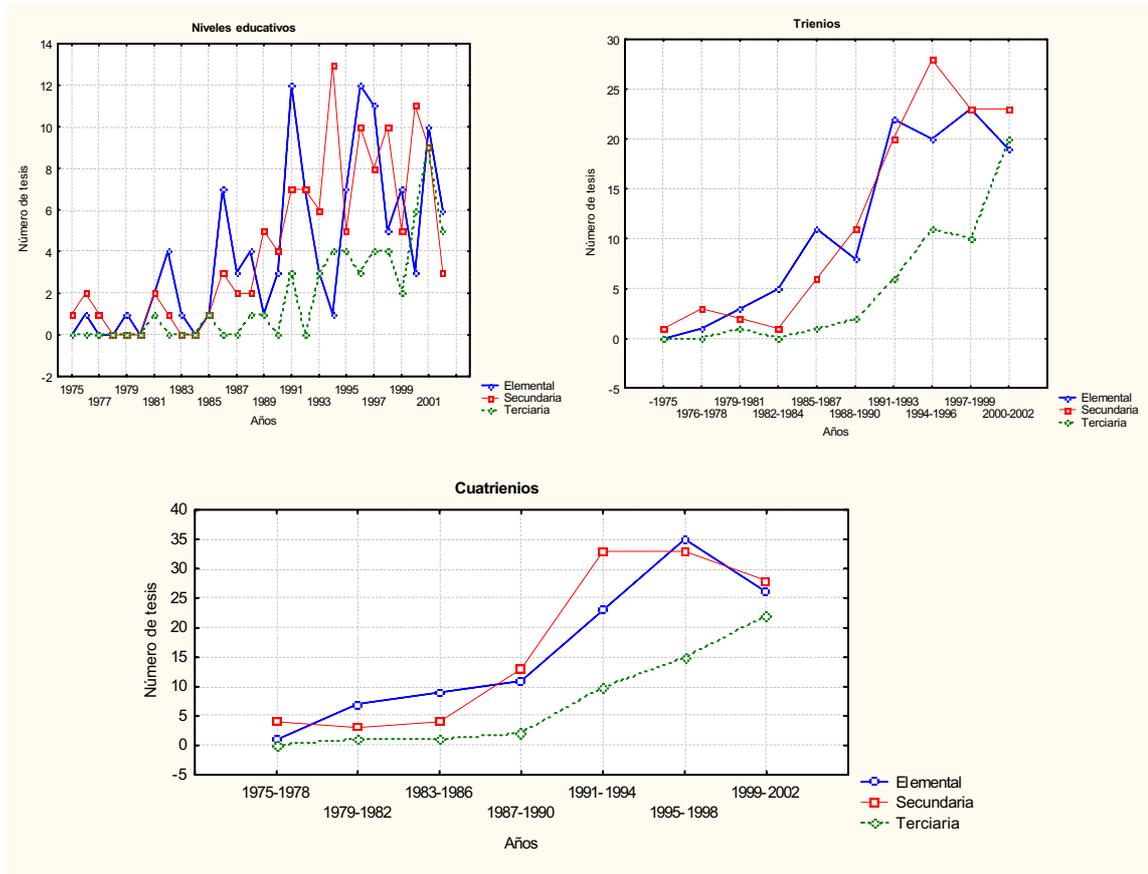


Figura 113. Desarrollo diacrónico de los niveles educativos de la muestra (1975-2002).

En el caso de la Educación Secundaria (ESO y Bachillerato), en los últimos años del estudio se produce un declive; reduciéndose el número de tesis que centraban sus estudios en este ciclo.

### A. Ajuste.

De los distintos niveles analizados, selecciona aquellos de mayor frecuencia; éstos son: Elemental y Secundaria. En el caso del ajuste de la distribución de los estudios sobre Elemental o Primaria observamos:

- A. Modelo ARIMA (3,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 4

- C. Tendencia lineal:  $-619,65 + 0,31 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,25$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,23706	1,5602		0,224895	
(B)	14,6667	3,14286		0,0	
(C)	8,31887	2,11623		0,0	
(D)	11,16	2,54783		0,791304	
(E)	10,9392	2,32079		0,85129	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,69018	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3,82971	OK	*	**	***	**
(C)	2,88425	OK	OK	***	OK	***
(D)	3,34066	OK	OK	*	OK	OK
(E)	3,30744	OK	OK	***	OK	***

El único modelo que ratifica todos los tests realizados en este análisis es el modelo ARIMA (3,1,4) con ajuste matemático de Box-Cox, considerado éste, por tanto, como el modelo de mayor ajuste.

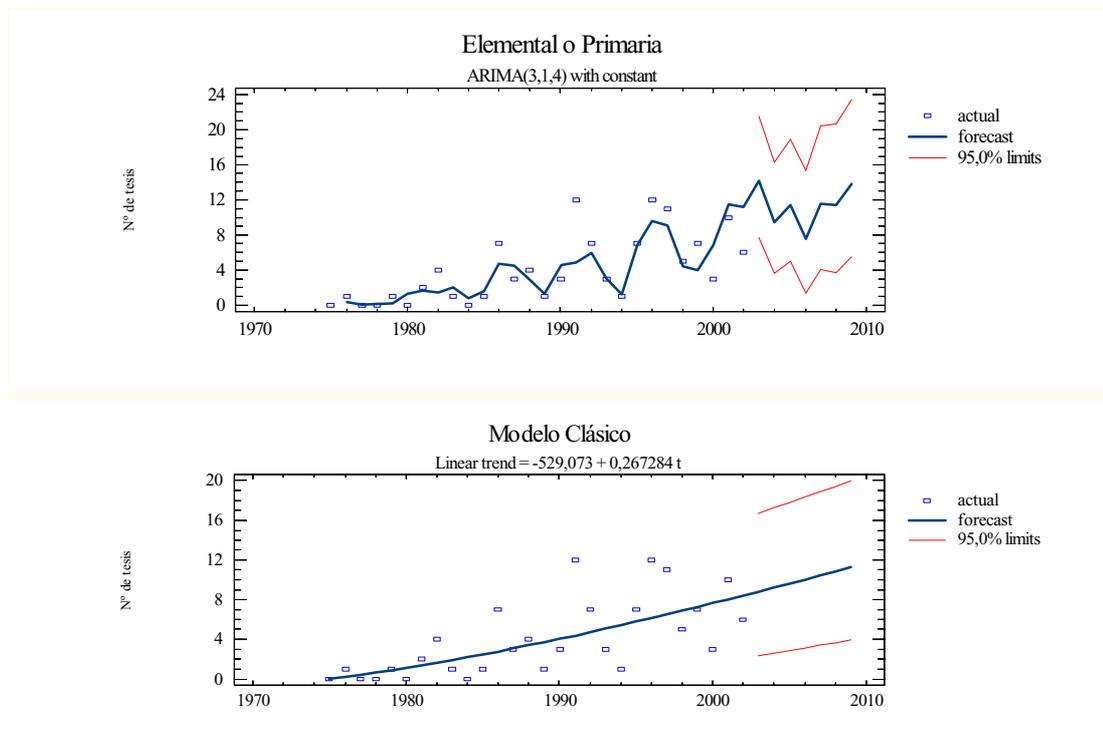


Figura 114. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de Elemental o Primaria.

De los modelos clásicos se seleccionaría el modelo de tendencia lineal  $y = -619,65 + 0,31 t$ , que presenta un error MSE menor que los otros modelos clásicos y ratifica únicamente tres de los supuestos realizados en este análisis (RUNS, RUNM, MEAN).

El ajuste de la distribución relativa a la Enseñanza Secundaria sería:

- A. Modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 4,21
- C. Tendencia lineal:  $-719,57 + 0,36 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,40$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	4,47468	1,6045		0,166452	
(B)	14,8413	3,2449		-6,66134E-16	
(C)	6,10248	1,81117		2,84217E-14	
(D)	7,59304	2,08696		0,834783	
(E)	6,71891	1,79784		0,479254	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,11534	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3,85244	OK	***	***	***	***
(C)	2,47032	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,75555	OK	OK	OK	OK	**
(E)	2,59209	OK	OK	OK	OK	***

El modelo de mayor ajuste, que confirma todos los supuestos relativos a análisis de series temporales, es el modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox, con tasa de errores menores que los restantes modelos de ajuste.

De los modelos clásicos, el de mayor ajuste es el modelo de tendencia lineal  $y = -719,57 + 0,36 t$ , con un error MSE = 6,10; que confirma todos los tests realizados, a excepción de test de la varianza, que se rechaza con un nivel de probabilidad medio ( $0,01 < p < 0,05$ ).

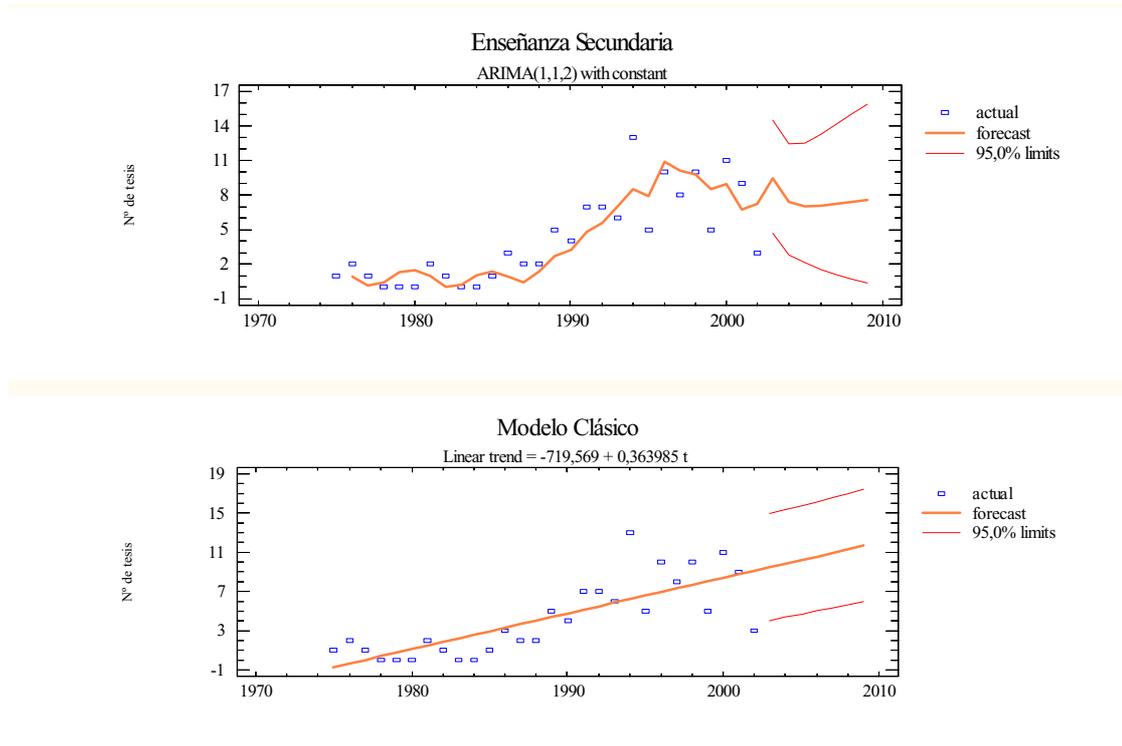


Figura 115. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de ESO.

**B. Pronósticos.**

Los valores prospectivos para los próximos 7 años, en torno a estos dos niveles educativos son:

Tabla 90. Valores-pronósticos de los niveles educativos de la muestra

Pronóstico	Nivel educativo		Límite inferior		Límite superior	
	Elem.	Secun.	95,0%		95,0%	
2003	16	10	10	5	23	15
2004	11	7	5	3	18	12
2005	12	7	5	2	21	13
2006	7	7	1	2	22	13
2007	12	7	4	1	26	14
2008	15	7	4	1	23	15
2009	13	8	6	1	26	16

Los resultados obtenidos manifiestan que el nivel educativo de Elemental o Primaria va a venir caracterizado por oscilaciones anuales; y en el caso de la Enseñanza

Secundaria, parece encontrarse ya en una etapa de carácter logístico, estableciendo un valor modal de 7.

Este hallazgo, junto con el obtenido en la variable anterior, refleja un campo muy específico de mayor interés para los investigadores en Educación Matemática: alumnos que cursan Primaria y Secundaria; tal vez, sea este ciclo donde se alberguen la mayor cantidad de casuísticas en torno a la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Lo que no es óbice para abrir nuevos frentes de investigación.

#### 8.4.12. Variable 38. Evolución diacrónica de las técnicas de muestreo.

El análisis de esta variable pone de manifiesto el tipo de técnicas muestrales que se han ido utilizando, en relación a las tesis doctorales.

La clasificación establecida es: muestreo aleatorio, muestreo no aleatorio y no indica el tipo de técnica utilizada para seleccionar la muestra.

Tabla 91. Desarrollo diacrónico anual de las técnicas de muestreo

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Aleatorio</i>	1								
<i>No aleatorio</i>	-								
<i>No lo indica</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Aleatorio</i>	-	1	-	-	-	1	1	-	-
<i>No aleatorio</i>	1	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>No lo indica</i>	1	-	1	-	-	-	2	1	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Aleatorio</i>	-	2	3	1	-	2	1	2	-
<i>No aleatorio</i>	-	2	1	4	1	2	7	7	5
<i>No lo indica</i>	2	3	-	2	5	2	9	2	3
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Aleatorio</i>	2	1	2	-	1	-	-	2	-
<i>No aleatorio</i>	11	8	9	12	13	7	11	13	10
<i>No lo indica</i>	3	6	4	6	7	8	8	11	5

A pesar de que explicitar la técnica de muestreo utilizada, no es una característica generalizada entre los autores de las tesis doctorales de Educación Matemática; el muestreo no aleatorio se conforma como el tipo general de muestreo más utilizado a lo largo del tiempo.

En general, una carencia a resaltar es la falta de explicitación que existe en las investigaciones doctorales analizadas en torno a la técnica utilizada para seleccionar la muestra objeto de análisis.

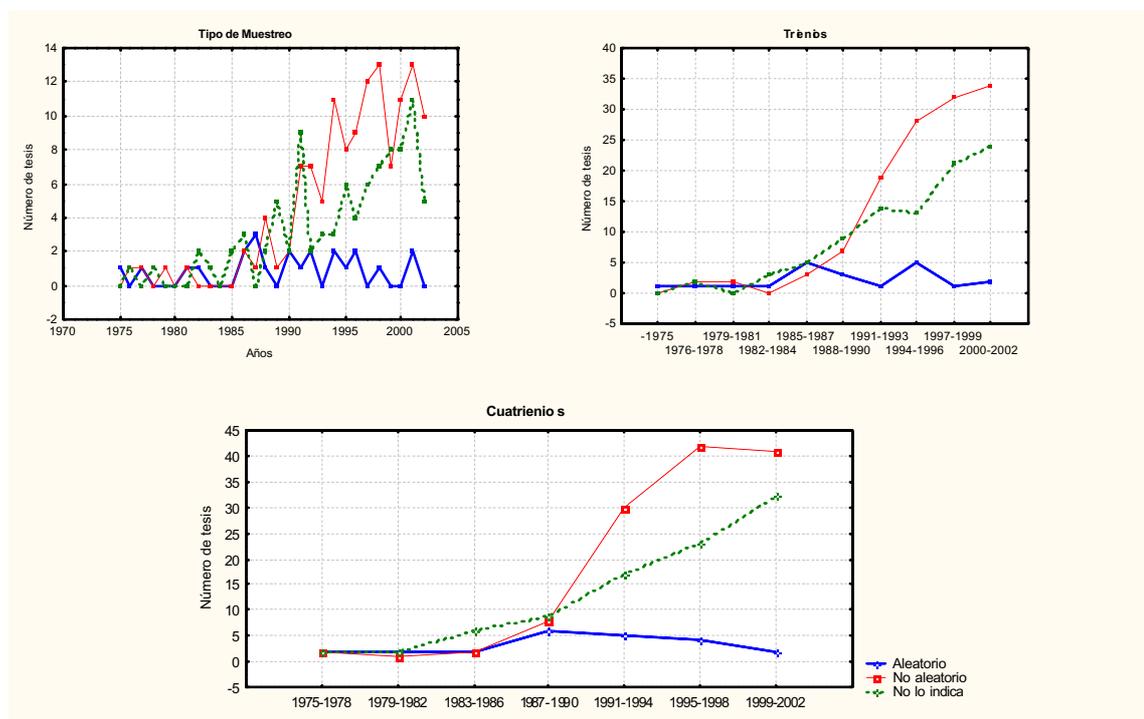


Figura 116. Desarrollo diacrónico de las técnicas de muestreo (1975-2002).

### A. Ajuste.

Para el ajuste se tomarán únicamente las series de “no aleatoria” y “no lo indica”; al contar ambas con la suficiente cantidad de información necesaria para realizar tal análisis.

- Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 5,32
- Tendencia lineal:  $-1040,08 + 0,53 t$
- Media móvil simple de 5 términos

E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,47$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6,06503	1,65681		0,223008	
(B)	24,5966	4,31888		1,58603E-15	
(C)	6,12108	1,97214		-1,21807E-13	
(D)	9,11652	2,34783		1,35652	
(E)	7,33414	1,92347		0,79653	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,46273	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,95949	**	***	***	***	***
(C)	2,47408	OK	*	OK	OK	OK
(D)	3,01936	OK	OK	OK	*	***
(E)	2,70816	OK	OK	OK	OK	***

El modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox es el único modelo que ratifica todos los tests realizados y con un menor porcentaje de errores. De este modo, es el modelo seleccionado para determinar los valores-pronósticos.

Con respecto a los modelos clásicos, el modelo de mayor ajuste es el modelo de tendencia lineal  $y = -1040,08 + 0,53 t$ , que presenta un menor porcentaje de errores que los restantes modelos y ratifica 4 de los tests realizados en este análisis.

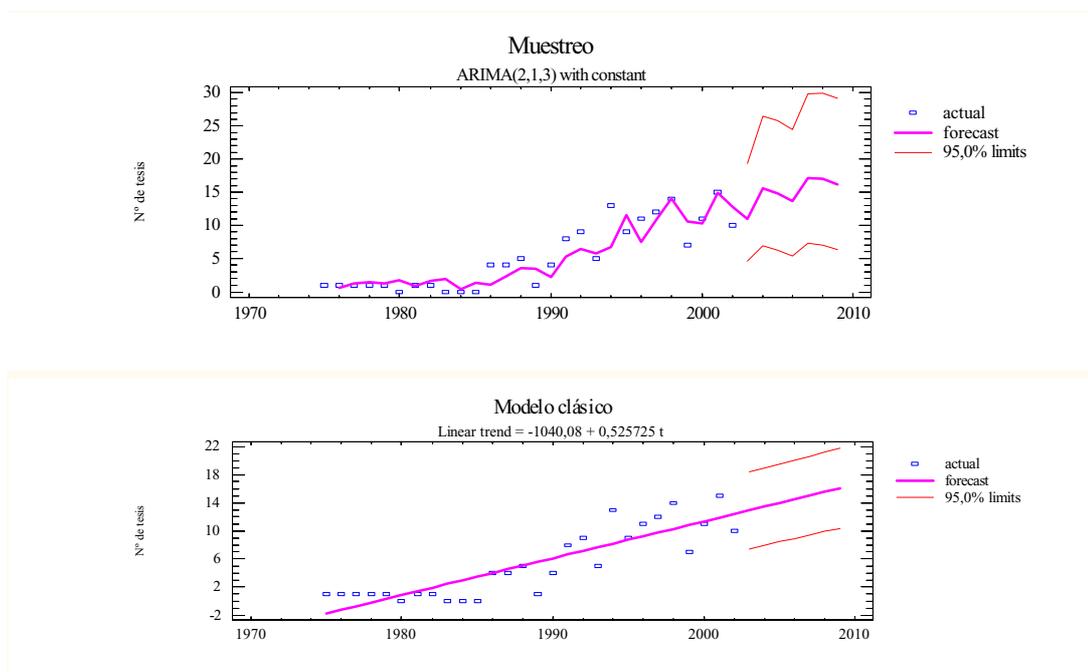


Figura 117. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del muestreo no aleatorio.

La serie relativa a “no lo indica”, el ajuste determina que:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 3,25
- C. Tendencia lineal:  $-623,12 + 0,31 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,36$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	3,41874	1,29258		0,293925	
(B)	10,0463	2,60714		0,0	
(C)	3,46035	1,42322		-5,27832E-14	
(D)	5,74261	1,89565		0,956522	
(E)	4,86883	1,63086		0,66923	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,84898	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3,16959	OK	***	***	***	***
(C)	1,8602	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,39637	OK	OK	OK	OK	*
(E)	2,20654	OK	OK	OK	OK	***

El único modelo al que produce un ajuste total, es al modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste de Box-Cox, y con un error cuadrático medio de 3,41.

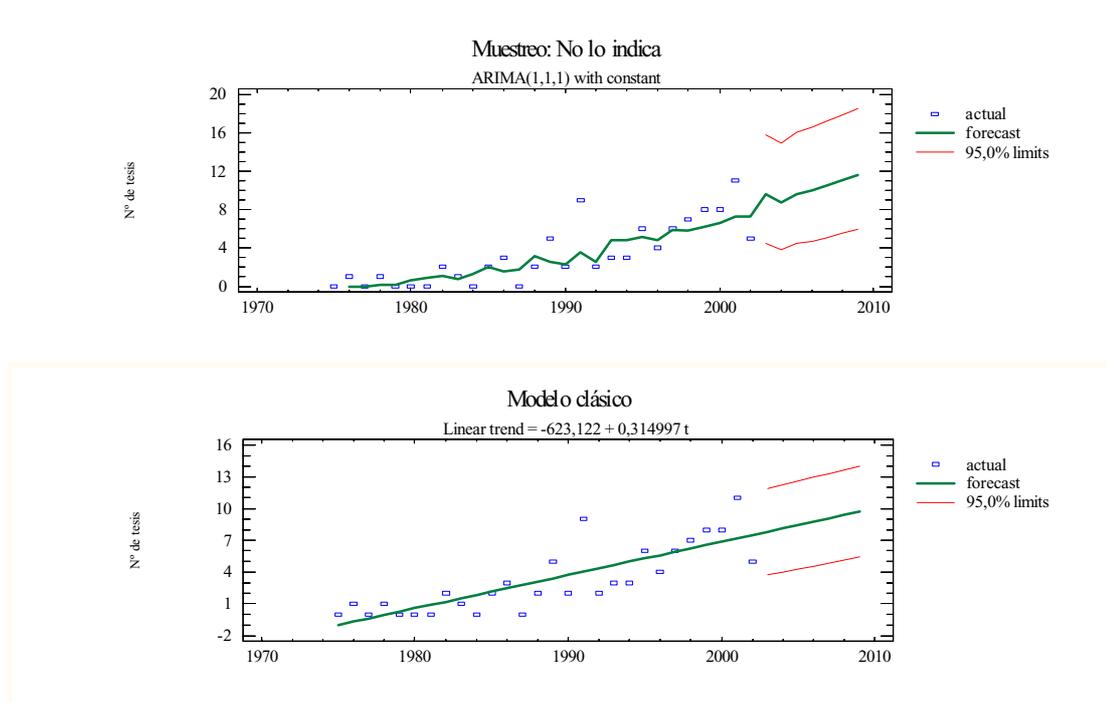


Figura 118. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando no se indica el tipo de muestreo.

El modelo clásico con un error  $MSE = 3,46$  es el modelo de tendencia lineal  $y = -623,12 + 0,31 t$ . Este modelo ratifica todos los tests realizados a excepción del test de la varianza, con un nivel de significatividad marginal ( $0,05 > p > 0,10$ ).

## B. Pronósticos.

Los valores prospectivos a esperar durante el periodo 2003-2009 son éstos:

Tabla 92. Valores-pronósticos de las técnicas de muestreo

Pronóstico	Muestreo		Límite inferior		Límite superior	
	No Al	No ind	95,0%		95,0%	
2003	11	9	5	4	19	16
2004	15	9	7	4	26	15
2005	15	9	6	4	25	16
2006	14	10	5	5	24	17
2007	17	10	7	5	30	17
2008	17	11	7	5	30	18
2009	16	12	6	6	29	18

En base a los valores obtenidos, decir que:

- Se mantendrá una baja preocupación por explicitar el tipo de muestreo utilizado en la selección de la muestra; considerándose ésta una cuestión “poco relevante”.
- Las técnicas muestrales no aleatorias (conveniencia, disponibilidad, casual, etc.) seguirán siendo utilizadas de manera creciente; siendo por tanto, las más utilizadas durante el periodo aquí establecido.

Estos hallazgos son coherentes con los anteriores: la predominancia del paradigma interpretativo con su precipitación en el caso obvio de cualquier consideración sobre el muestreo.

## 8.4.13. Variable 39. Evolución diacrónica del tamaño de la muestra.

Referente al análisis metodológico, un aspecto importante es conocer cómo ha ido evolucionando, si lo ha hecho, el número de miembros pertenecientes a la muestra objeto de estudio. Siendo éste el objetivo central de este análisis.

Tabla 93. Desarrollo diacrónico anual del tamaño de la muestra

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Muestra</i>	136								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Muestra</i>	120	373	-	4886	-	1270	150	181	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Muestra</i>	577	1201	1033	204	163	1097	308	123	246
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Muestra</i>	1400	101	418	184	173	124	97	300	89

Esta tabla refleja los valores promedio del número de miembros de las muestras analizadas (tamaño muestral) en las diversas tesis doctorales leídas en un mismo año.

Este primer análisis parece reflejar una situación de fluctuaciones anuales en torno a la determinación del número muestral; unos valores que oscilan entre los 97 (valor más bajo) y 1400 (valor más alto). El único valor que es discordante en esta generalización es el relativo al año 1979, que analizaremos posteriormente.

Para determinar si estas fluctuaciones anuales son estadísticamente significativas, se realiza un análisis de la varianza sobre esta distribución según años, cuya representación gráfica se expone a continuación.

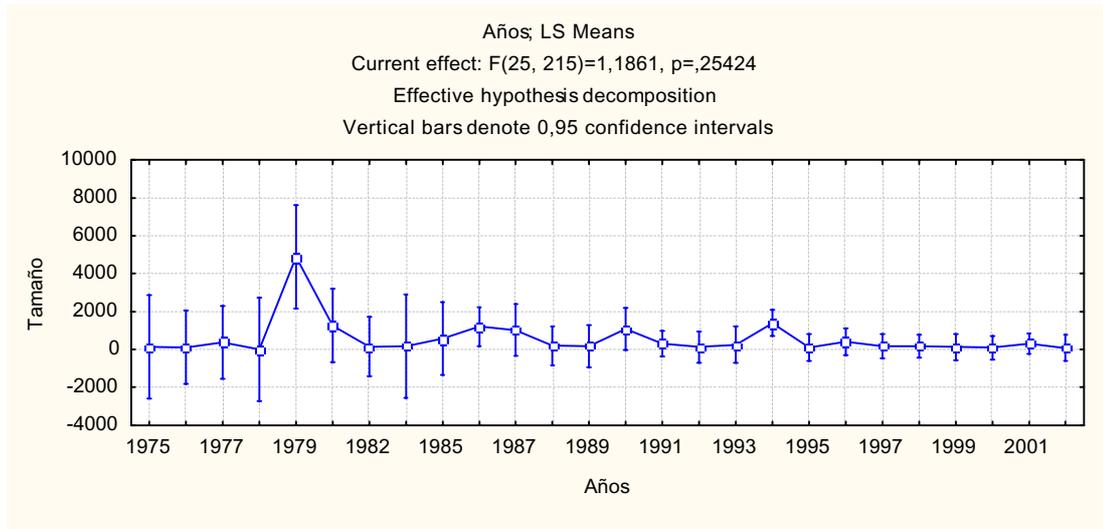


Figura 119. Análisis de la varianza del tamaño de la muestra (1975-2002).

El ANOVA explicita que los tamaños muestrales anuales son valores con diferencias estadísticamente no significativas ( $p = 0,254$ ); por lo tanto, estos cambios anuales pueden considerarse producto del azar. El único valor discordante dentro de esta homogeneidad expresada es el relativo al año 1979, en el que se realizó una única tesis doctoral en la que se investigó a 4886 sujetos.

Este hallazgo expresa la gran similitud en los tamaños muestrales, promediados anualmente, que se produce en la realización de una tesis doctoral, a pesar de la heterogeneidad y diversidad en su producción y temáticas.

#### A. Ajuste.

Los datos muestrales, en relación al análisis de ajuste, establecen que:

- A. Modelo ARIMA (1,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 534,0
- C. Tendencia lineal:  $50719,6 + -25,24 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,04$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	989597,0	436,61		187,523	
(B)	901606,0	551,821		-6,49639E-14	
(C)	891525,0	534,602		-2,0758E-12	
(D)	392881,0	500,795		-204,922	
(E)	939189,0	540,84		21,9849	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	994,785	OK	OK	OK	OK	***
(B)	949,53	OK	OK	OK	OK	***
(C)	944,206	OK	OK	OK	OK	***
(D)	626,802	OK	OK	OK	**	OK
(E)	969,118	OK	OK	OK	OK	***

Ninguno de los modelos seleccionados presenta un ajuste total. A pesar de ello, el mayor ajuste se produce al modelo clásico de media móvil simple de 5 términos, el cual marca que una variación en un año tiene repercusión en los 5 años posteriores.

El modelo ARIMA, más adecuado, es el modelo (1,1,2) con ajuste de Box-Cox, modelo que verifica todos los tests realizados, excepto el de varianza.

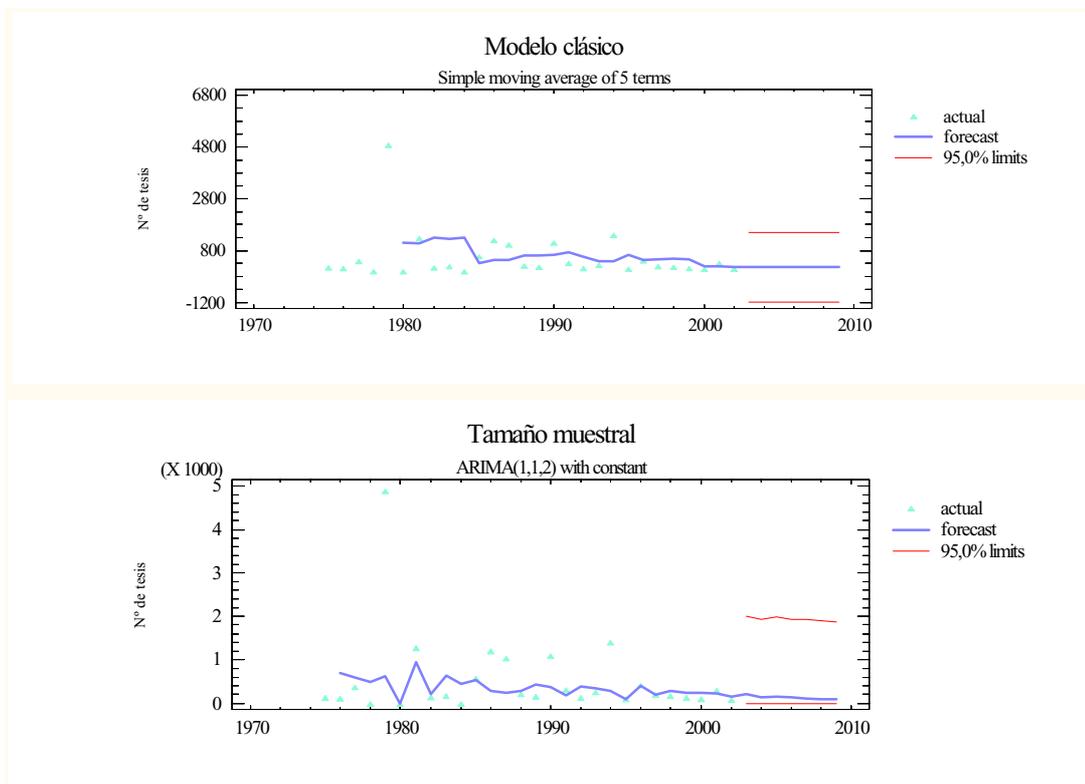


Figura 120. Modelo gráfico Clásico y ARIMA del tamaño de la muestra.

## B. Pronósticos.

El modelo clásico de media móvil simple de 5 términos expresa los siguientes valores prospectivos:

Tabla 94. Valores-pronósticos del tamaño de la muestra

<b>Pronóstico</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Límite inferior 95,0%</b>	<b>Límite superior 95,0%</b>
2003	156	0	1502
2004	156	0	1502
2005	156	0	1502
2006	156	0	1502
2007	156	0	1502
2008	156	0	1502
2009	156	0	1502

Este modelo de ajuste presenta un patrón consistente, determinando como tamaño muestral medio de 156 unidades muestrales en las tesis defendidas en un mismo año. Un valor constante que promediará sobre estudios de caso, experimentales, estudios de encuesta, observacionales, de investigación acción, etc.

Los valores de los límites inferior y superior, al 95 % de confianza, se sitúan en 0 y 1502 unidades muestrales respectivamente.

### 8.4.14. Variable 40. Evolución diacrónica del diseño de investigación.

Otro de los intereses manifestados en el campo de la metodología es el diseño de investigación utilizado. En esta ocasión, los diferentes tipos de diseños se han agrupado en: diseño descriptivo, diseño analítico, diseño pro-experimental, estudio de caso e investigación acción.

Tabla 95. Desarrollo diacrónico anual del diseño de investigación

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Descriptivo</i>	-								
<i>Analítico</i>	1								
<i>Proexperimental</i>	-								
<i>Estudio de caso</i>	-								
<i>Inv. acción</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Descriptivo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Analítico</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proexperimental</i>	-	2	-	-	-	-	1	-	-
<i>Estudio de caso</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Inv. acción</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Descriptivo</i>	-	1	-	-	2	2	-	-	-
<i>Analítico</i>	1	2	-	1	-	2	-	-	1
<i>Proexperimental</i>	2	3	2	1	1	1	10	3	4
<i>Estudio de caso</i>	-	-	-	1	1	-	1	-	1
<i>Inv. acción</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Descriptivo</i>	2	4	2	5	5	2	5	6	4
<i>Analítico</i>	-	1	1	-	-	-	1	3	-
<i>Proexperimental</i>	9	3	3	8	2	2	5	5	4
<i>Estudio de caso</i>	1	3	5	3	7	2	5	4	4
<i>Inv. acción</i>	1	-	-	-	1	-	-	-	-

De los diferentes diseños, los mayoritariamente utilizados, durante el periodo 1975-2002 han sido por este orden: los diseños descriptivos, estudios de caso y pro-experimentales. Éstos primeros reflejan un fuerte auge a partir de mediados de los 90; siendo un diseño comúnmente utilizado a partir de este momento.

Por el contrario, la primacía de los diseños pro-experimentales comienza a mediados de los años 80, siendo en estos momentos los diseños más utilizados para la investigación en Educación Matemática, a nivel de tesis doctorales.

Finalmente destacar la escasa implantación de la investigación-acción, siendo un diseño de baja representatividad en este estudio.

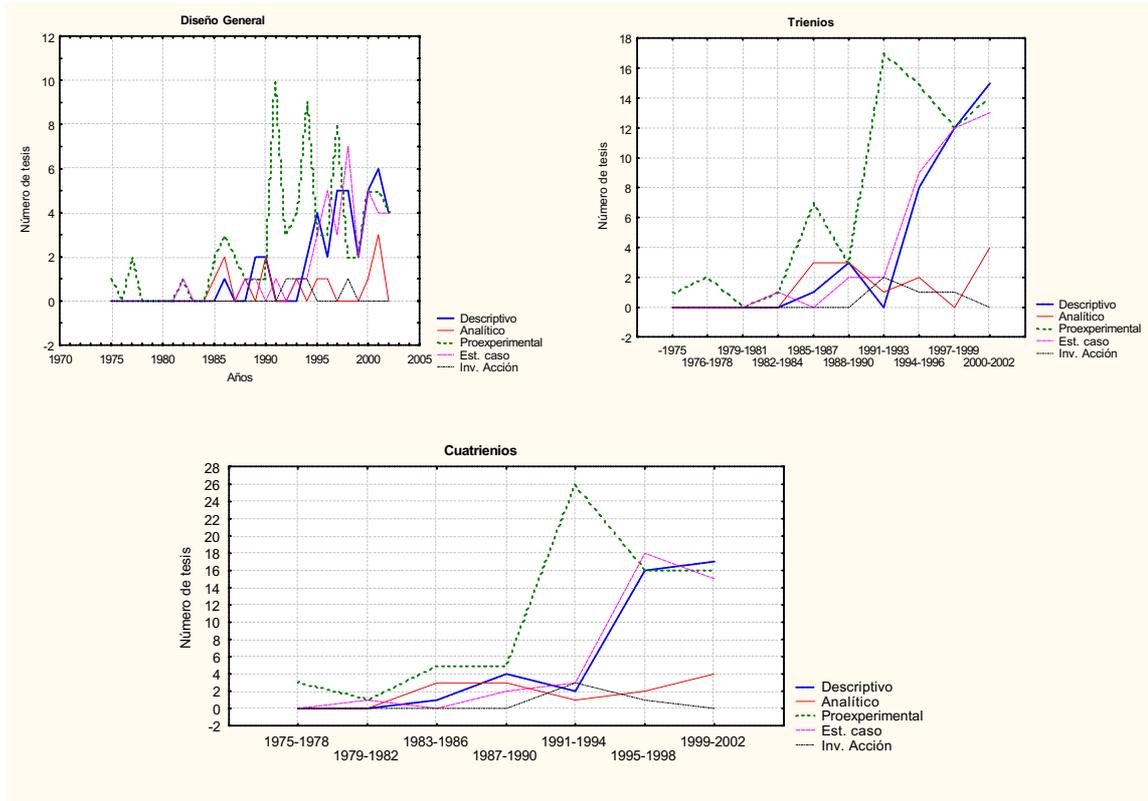


Figura 121. Desarrollo diacrónico de los diseños de investigación (1975-2002).

Una vez determinados los diferentes tipos de diseños más utilizados, realizamos un análisis longitudinal a nivel más genérico, agrupando los tipos de diseños en: generales, como denominación más genérica. (ej. diseños pro-experimental) y específicos, como denominación específica (ej. diseño experimental con un grupo de control).

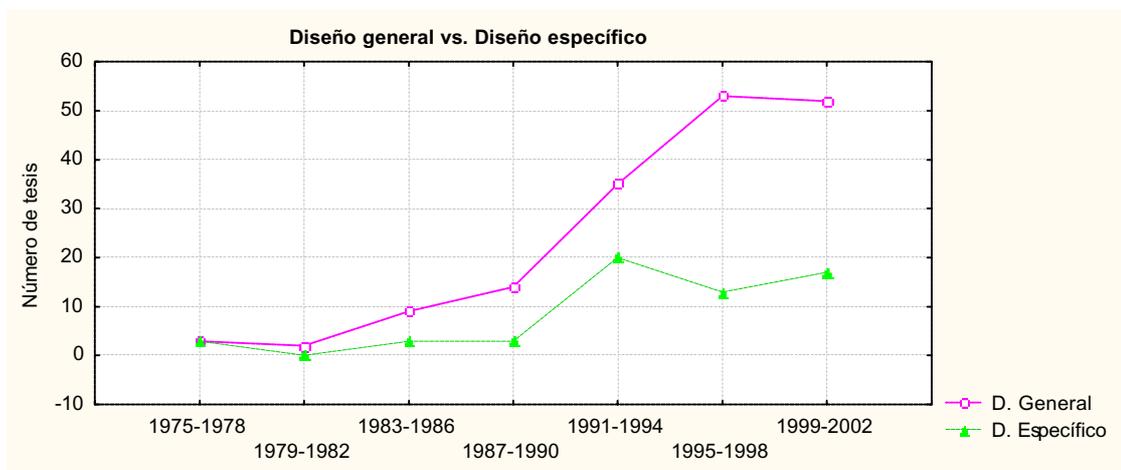


Figura 122. Desarrollo diacrónico de diseños generales y específicos (1975-2002).

Este otra exploración determina que los investigadores en este ámbito realizan una descripción más genérica sobre el tipo de diseño que utilizan; siendo ésta una característica predominante a lo largo de todo el periodo de estudio.

**A. Ajuste.**

El ajuste de los datos se ha realizado en torno a esta última clasificación realizada. Asimismo, el ajuste de los diseños generales sería:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 6,0
- C. Tendencia lineal:  $-1235,86 + 0,62 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,43$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	6,38813	1,61522		0,352771	
(B)	34,7407	5,0		0,0	
(C)	8,67006	2,40203		1,13687E-13	
(D)	13,4539	2,81739		1,73913	
(E)	11,6832	2,50453		1,08656	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,52748	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,89413	OK	***	***	***	***
(C)	2,9445	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	3,66796	OK	OK	OK	OK	**
(E)	3,41807	OK	OK	OK	OK	***

---

Dos modelos son los que ratifican totalmente este ajuste: el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste de Box-Cox y el modelo clásico de tendencia lineal  $y = -1235,86 + 0,62 t$ . Ambos modelos son los que presentan menores tasas de error. El modelo seleccionado para determinar posteriormente los valores-pronósticos será el modelo ARIMA; dado que su ajuste es mejor.

A pesar de la diferencia evidente de los dos modelos, se observa en su representación gráfica (Figura 123) las similitudes en el patrón de crecimiento que ambos representan.

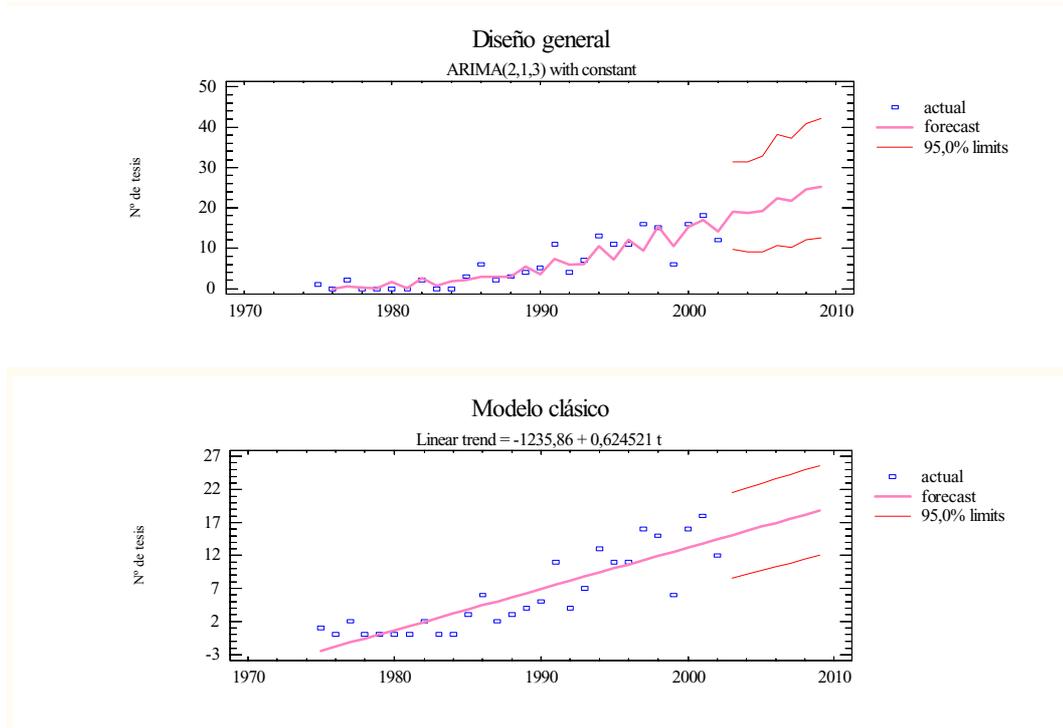


Figura 123. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de diseño general.

Con respecto a los datos relativos al diseño específico, el análisis de ajuste sería:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,11
- C. Tendencia lineal:  $-380,46 + 0,19 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,29$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,94756	0,934562		0,141369	
(B)	5,58069	1,79592		-3,48927E-16	
(C)	3,19434	1,28333		3,2482E-14	
(D)	4,64348	1,51304		0,504348	
(E)	3,93501	1,36031		0,446503	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,39555	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,36235	OK	***	***	***	***
(C)	1,78727	OK	OK	OK	OK	**
(D)	2,15487	OK	OK	OK	OK	***
(E)	1,98369	OK	OK	OK	OK	***

En este caso, el único modelo que presenta un ajuste total es el mismo modelo que en el caso anterior: el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox. Este modelo, igualmente, tiene el menor porcentaje de errores.

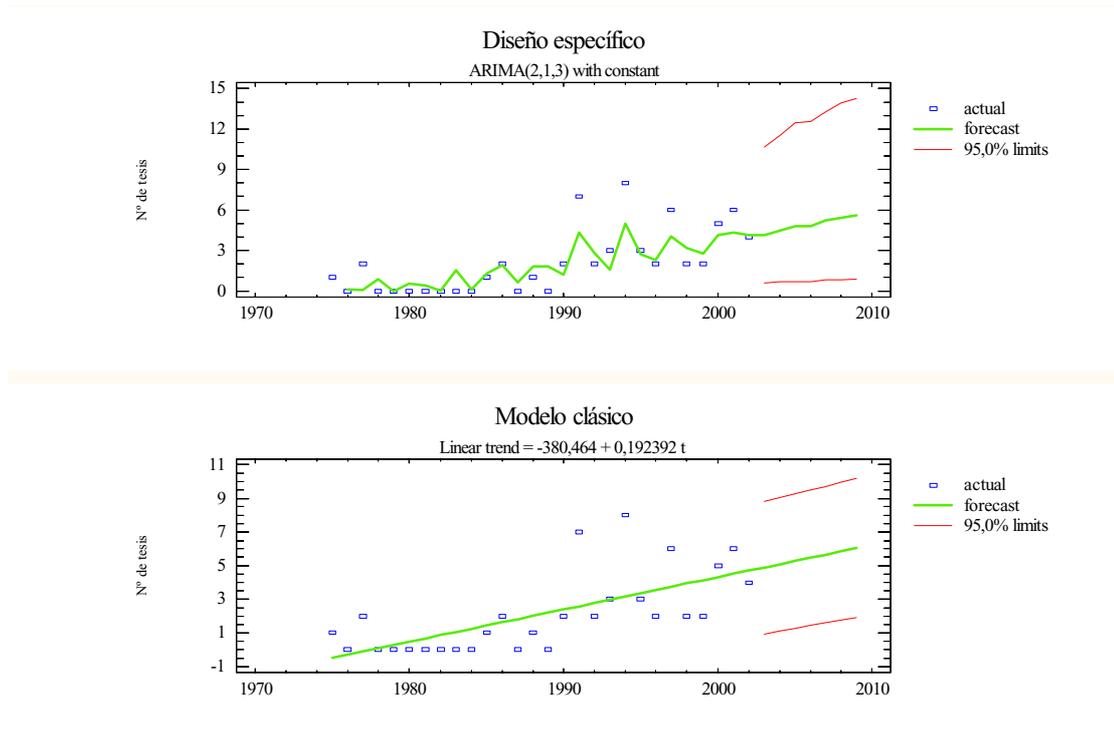


Figura 124. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del diseño específico.

De los modelos clásicos con un mayor ajuste, destaca el modelo de tendencia lineal  $y = -380,46 + 0,19 t$ ; siendo éste un modelo que ratifica todos los tests realizados, a excepción del test de la varianza, con un nivel de significatividad medio. Una conclusión inferible sería la indefinición en el tipo de diseño utilizado al primar denominaciones generales frente a la denominación específica del diseño.

**B. Pronósticos.**

Los valores para los próximos 7 años, inferidos por el modelo ARIMA (2,13), para ambos tipos de diseños son:

Tabla 96. Valores-pronósticos de los diseños generales y específicos

Pronóstico	Diseño		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Ge	Es				
2003	19	4	10	1	31	10
2004	18	4	9	1	31	11
2005	19	5	9	1	32	12
2006	22	5	11	1	38	12
2007	21	5	10	1	37	13
2008	24	5	12	1	41	14
2009	25	6	13	1	42	14

Estos datos reflejan que los diseños seguirán enunciándose de modo muy genérico, escasamente específicos y poco diferenciados; obteniendo este tipo de diseños una tendencia de crecimiento de  $a = 0,62$  ( $\theta = 31,8^\circ$ ). En el caso de los diseños específicos, el crecimiento establecido es bastante menor ( $a = 0,19$ ;  $\theta = 10,7^\circ$ ); explicitando, una vez más, la falta de una completa preocupación metodológica.

#### 8.4.15. Variable 41. Evolución diacrónica de la temporalidad de las investigaciones.

El conocimiento sobre la duración/temporalidad de las investigaciones aporta una serie de patrones referentes al tipo de investigación que se realiza. Según la consideración de tiempos en que una investigación se realiza, se obtendrán las siguientes categorías: longitudinales, transversales y mixto. Además de estas categorías, también se ha considerado la de no indicar este aspecto metodológico.

Tabla 97. Desarrollo diacrónico anual de la temporalidad de las investigaciones

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Longitudinal</i>	-								
<i>Transversal</i>	-								
<i>Mixto</i>	-								
<i>No lo indica</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Longitudinal</i>	1	1	-	-	-	2	1	-	-
<i>Transversal</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Mixto</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No lo indica</i>	1	1	1	1	-	-	-	1	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Longitudinal</i>	-	2	2	1	2	2	8	1	5
<i>Transversal</i>	1	-	-	1	-	1	1	-	-
<i>Mixto</i>	-	1	-	1	-	1	1	-	-
<i>No lo indica</i>	1	4	2	5	4	3	8	9	3
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Longitudinal</i>	3	4	4	4	6	5	4	6	6
<i>Transversal</i>	3	3	4	3	2	2	1	6	-
<i>Mixto</i>	3	3	4	3	2	2	1	6	-
<i>No lo indica</i>	9	7	6	10	13	8	13	14	9

Uno de los primeros hallazgos obtenidos tras este análisis descriptivo es la despreocupación casi generalizada y progresiva por la cuestión de la temporalidad.

De aquellos autores que sí hicieron mención explícita del tipo de investigación realizada, en función del tiempo, destacan los “deseables” estudios longitudinales, como los más utilizados, a partir de los años 90. Tal elección es elogiada, ya que se tratan de estudios con más validez, e implican mayor tiempo y más gasto de recursos materiales, económicos y humanos. Aunque habría también que decir que los diseños aquí considerados son los más débiles de entre los estudios longitudinales, al estar éstos basados en sólo dos medidas pretest-postest.

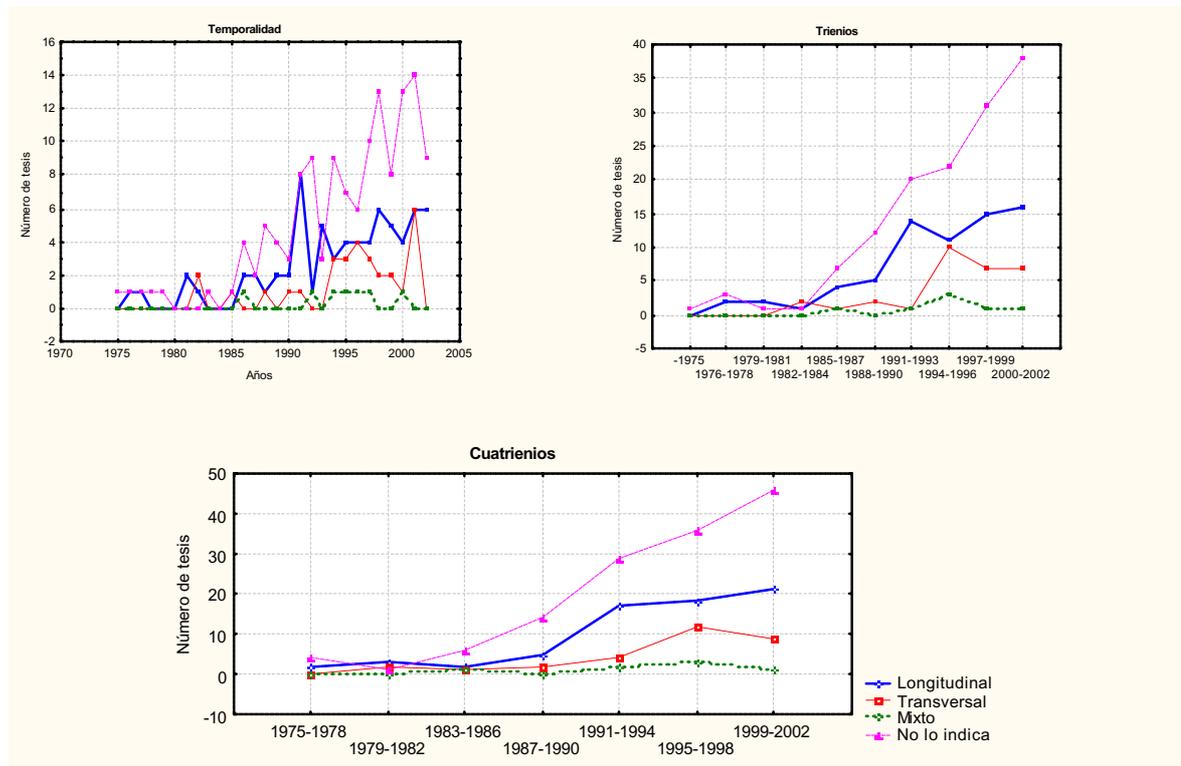


Figura 125. Desarrollo diacrónico de la temporalidad (1975-2002).

Los estudios transversales y mixtos comienzan a realizarse a mediados de los años 90, teniendo posteriormente una presencia homogénea y continuada en los años siguientes.

### A. Ajuste.

El ajuste a los modelos, en el caso de los estudios longitudinales, determina que:

- A. Modelo ARIMA (4,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,5

- C. Tendencia lineal:  $-448,10 + 0,23 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,34$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,93156	0,946467		0,15102	
(B)	5,37037	1,96429		0,0	
(C)	1,96874	0,948628		-1,26883E-16	
(D)	2,84	1,15652		0,669565	
(E)	2,75707	1,09012		0,516364	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,40049	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,31741	**	***	***	***	***
(C)	1,40312	OK	OK	OK	OK	*
(D)	1,68523	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	1,66044	OK	OK	OK	OK	***

Existen dos modelos con un ajuste total: el modelo ARIMA (4,1,1) con ajuste de Box-Cox y el modelo de media móvil simple de 5 términos.

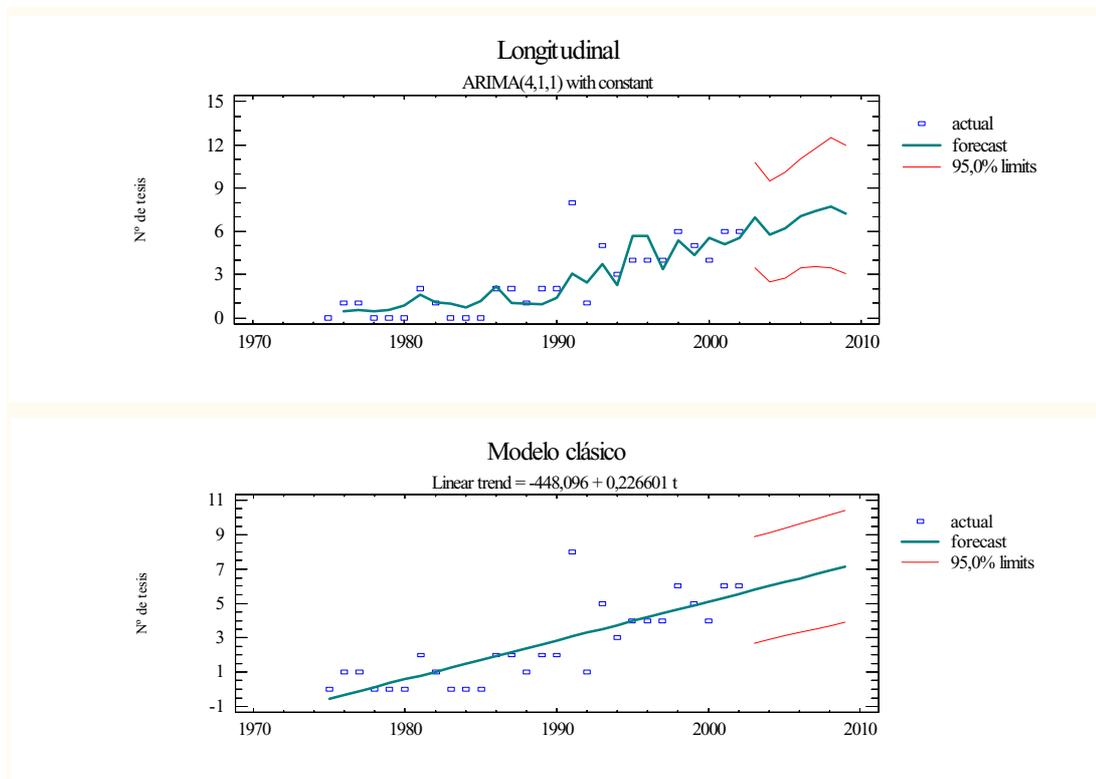


Figura 126. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estudios longitudinales.

El modelo ARIMA se considera el modelo de mayor ajuste, al ratificar todos los tests realizados y al tener un menor porcentaje de errores. En cambio, el modelo de media móvil no puede considerarse de mayor ajuste, con respecto a los modelos clásicos, pues el modelo de tendencia lineal  $y = -448,10 + 0,23 t$  tiene un menor error cuadrático  $MSE = 1,97$ . Este modelo presenta una significatividad marginal, en el test de la varianza.

El ajuste a los modelos seleccionados para los estudios transversales sería:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 1,07
- C. Tendencia lineal:  $-222,05 + 0,11 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,24$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,62872	0,73892		0,169519	
(B)	2,36508	1,17347		1,82394E-16	
(C)	1,67134	0,869849		3,17207E-17	
(D)	2,24174	1,13913		0,286957	
(E)	1,93201	0,892927		0,306852	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,27621	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	1,53788	***		OK	***	***
(C)	1,32353	OK	OK	OK	OK	***
(D)	1,49724	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	1,38997	OK	OK	OK	OK	***

---

Este ajuste presenta grandes similitudes con el anterior. También en este caso los modelos de mayor ajuste que confirman todos los tests realizados, son el modelo ARIMA y el modelo de tendencia lineal.

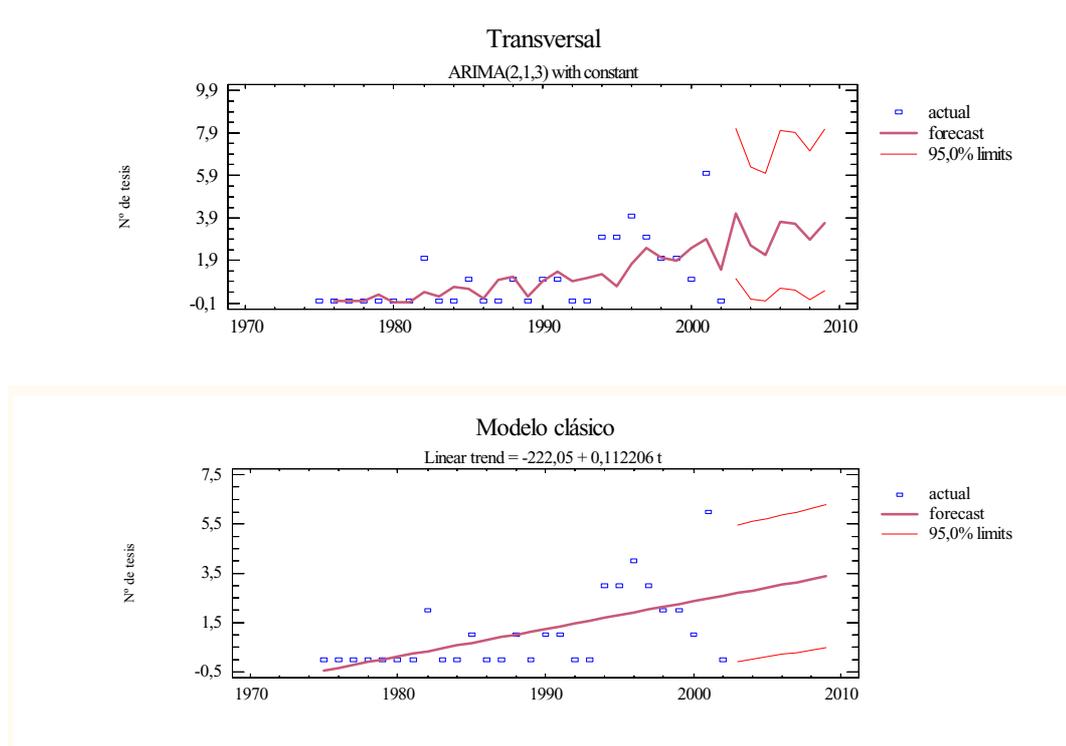


Figura 127. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estudios transversales.

El modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox es el modelo de mejor ajuste. Este modelo ratifica los 5 tests realizados, con un error cuadrático medio (MSE) de 1,63.

El modelo de tendencia lineal  $y = -222,05 + 0,11 t$  sólo verifica 4 de ellos, y en el test de la varianza obtiene una significación alta ( $p > 0,01$ ); con un error cuadrático medio de 1,67.

Por último, realizar el análisis de ajuste a la serie relativa al “no indica” la temporalidad. Este ajuste es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 3,54
- C. Tendencia lineal:  $-885,14 + 0,45 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,60$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,28175	1,57309		0,605854	
(B)	22,4061	4,08418		7,29575E-16	
(C)	9,23324	2,42388		-4,06024E-14	
(D)	9,7913	2,08696		1,33913	
(E)	6,25726	1,47116		0,569346	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,69847	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,73351	OK	***	***	***	***
(C)	3,03863	OK	*	***	OK	**
(D)	3,12911	OK	OK	OK	*	***
(E)	2,50145	OK	OK	OK	OK	***

En el caso de no explicitar la temporalidad de los estudios, la serie obtenida se ajusta al modelo ARIMA (2,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox ,completamente. Este modelo ratifica todos los tests realizados, no obteniendo diferencias significativas ( $p = 0,10$ ) y con un menor MSE = 7,28.

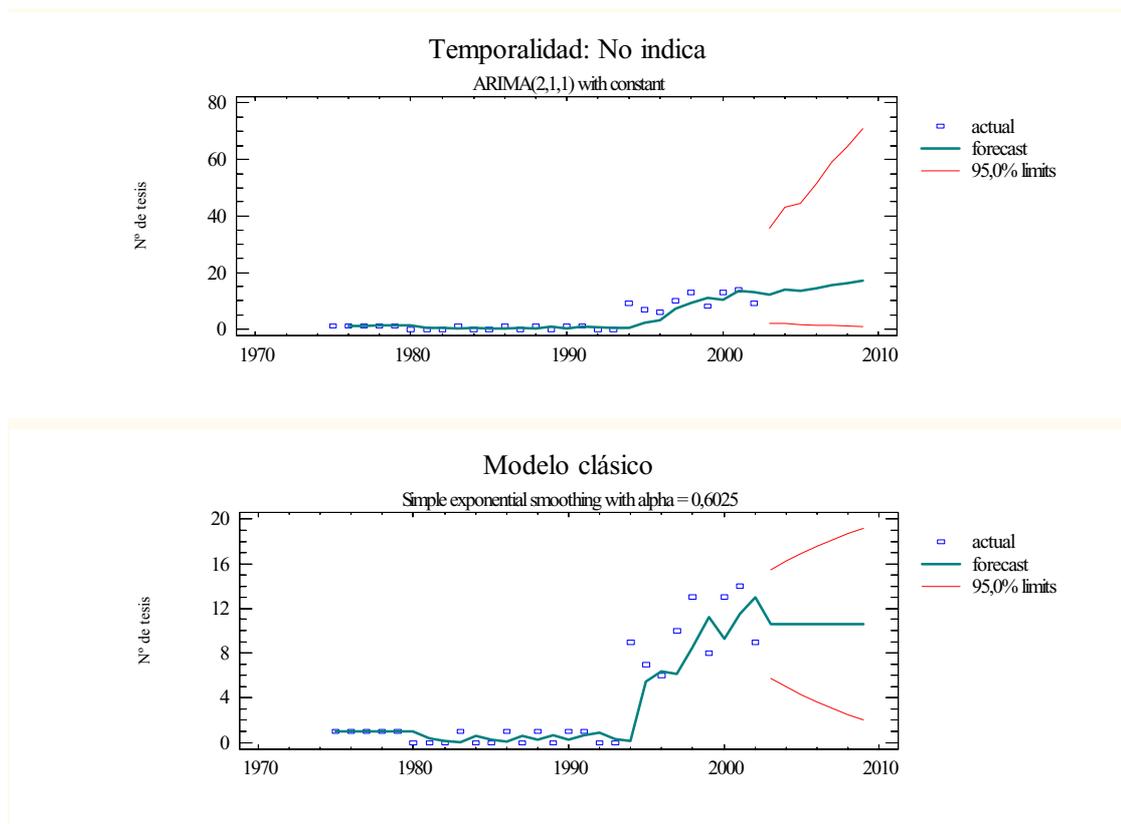


Figura 128. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de “no indica” la temporalidad.

El modelo clásico de mayor ajuste es el modelo alisado simple exponencial con alpha 0,60. Este modelo presenta un error cuadrático medio (MSE) de 6,26; pero sólo

ratifica 4 de los 5 supuestos realizados, obteniendo en el test de la varianza un nivel de significatividad alto; esta es la causa de no haberlo considerado el mejor modelo de ajuste.

## B. Pronósticos.

Los pronósticos, según las distintas clasificaciones realizadas, son:

Tabla 98. Valores-pronósticos de la temporalidad de las investigaciones

Pronóstico	Temporalidad			Límite inferior			Límite superior		
	Lo	Tr	No	95,0%			95,0%		
2003	7	4	12	4	1	2	11	8	35
2004	6	3	14	3	0	2	10	6	43
2005	6	2	13	3	0	2	10	6	44
2006	7	4	14	4	1	1	11	8	51
2007	7	4	16	4	1	1	12	8	59
2008	8	3	16	4	0	1	12	7	64
2009	7	4	17	3	0	1	12	8	71

En base a los resultados obtenidos subrayar:

- Los valores prospectivos siguen determinando un crecimiento en el sentido de no indicar la temporalidad de los estudios. Manteniéndose, por tanto, para este próximo periodo (2003-2009) la misma situación ya descrita anteriormente; por lo que la cuestión de la temporalidad de los diseños seguirá omitiéndose e, incluso, se acrecentará.
- Se detecta una mayor tasa de crecimiento de los estudios longitudinales ( $\rho = 0,22$ ) frente a los estudios transversales ( $\rho = 0,11$ ). Rasgo positivo, aunque sería deseable que este número de estudios fuese mayor de lo que exponen estos pronósticos.

8.4.16. Variable 42. Evolución diacrónica de los tipos de estadísticos utilizados.

El tipo de estadísticos utilizado en una investigación es un elemento muy relevante, que se utiliza para incluso determinar la finalidad de la misma. Un ejemplo de ello son los estadísticos descriptivos utilizados normalmente en una investigación descriptiva de las variables observadas.

Los estadísticos han sido clasificados en tres grupos: descriptivos, inferenciales y correlacionales, tanto simples como multivariados.

Tabla 99. Desarrollo diacrónico anual del tipo de estadísticos

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Descriptivos</i>	1								
<i>Inferenciales</i>	3								
<i>Correlacionales</i>	1								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Descriptivos</i>	8	5	-	1	-	5	7	2	-
<i>Inferenciales</i>	4	-	-	3	-	1	2	1	-
<i>Correlacionales</i>	3	1	-	1	-	-	-	1	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Descriptivos</i>	6	24	11	13	12	16	39	28	17
<i>Inferenciales</i>	8	17	7	9	4	8	22	20	5
<i>Correlacionales</i>	3	6	1	3	4	5	7	8	9
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Descriptivos</i>	37	38	35	41	39	35	41	61	32
<i>Inferenciales</i>	15	16	41	16	25	11	10	17	8
<i>Correlacionales</i>	12	14	39	13	7	9	4	9	5

A partir de los años 90 hay un incremento de los estadísticos descriptivos, fundamentalmente de estadísticos como la frecuencia, media y porcentaje; dato que está en relación con el incremento de los estudios complementarios e incluso interpretativos, que usan profusamente este tipo de estadísticos.

Por otro lado, los estadísticos inferenciales y correlacionales presentan unos patrones de crecimiento muy similares, comenzando un crecimiento exponencial a mediados de los 80; actualmente parece mantenerse en una situación de crecimiento logístico.

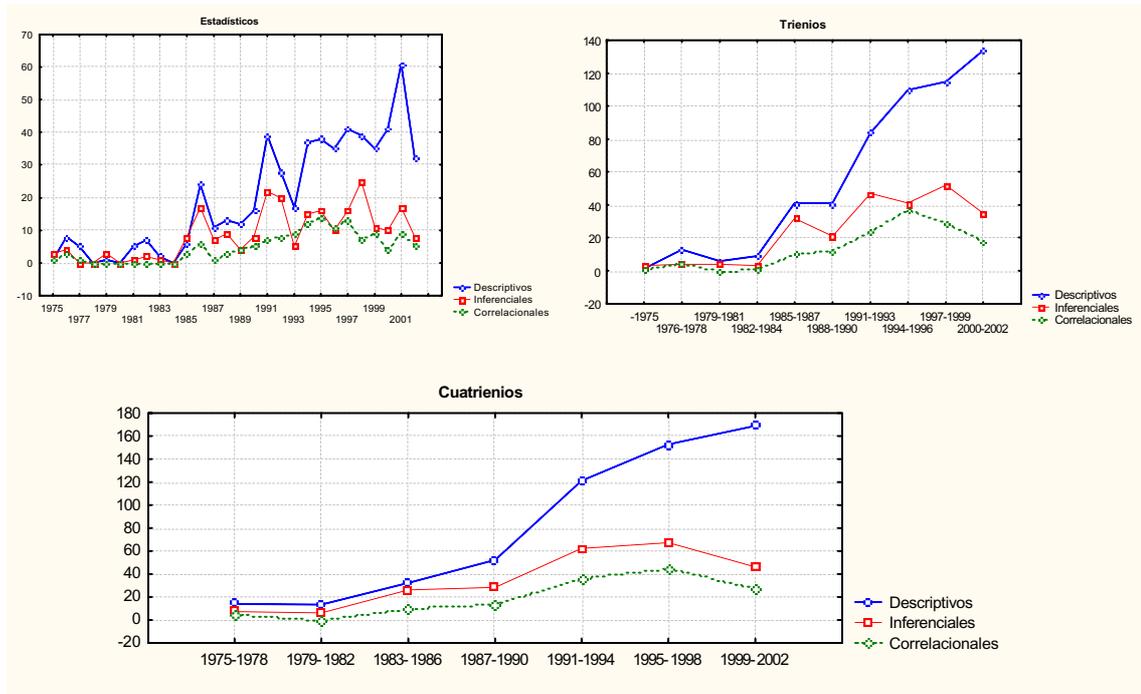


Figura 129. Desarrollo diacrónico del tipo de estadísticos utilizados (1975-2002).

El uso de estadísticos inferenciales supera al de los estadísticos correlacionales. Los estadísticos inferenciales se caracterizan por una escasa presencia de estadísticos multivariados (MANOVA); frente al uso masivo de estadísticos de tipo bivariados, como *t* de *Student*, *Z* normal o *Chi-cuadrado*, entre otros. En cambio de los estadísticos correlacionales, son igualmente utilizados los estadísticos multivariados (análisis de regresión múltiple, análisis discriminante, cluster, análisis factorial, etc.) como los bivariados (*rho* de Spearman-Brown o el análisis de regresión simple).

### A. Ajuste.

El ajuste de los estadísticos descriptivos, según los modelos seleccionados, establece que:

- Modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 19,79

- C. Tendencia lineal:  $-3668,79 + 1,85 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,45$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	62,5888	5,89739		0,574218	
(B)	296,101	15,1837		6,34413E-15	
(C)	65,703	6,34944		1,6241E-13	
(D)	100,621	7,43478		5,2087	
(E)	91,1315	6,47151		3,02464	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	7,91131	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	17,2076	OK	***	***	***	**
(C)	8,10574	OK	*	OK	OK	OK
(D)	10,031	OK	OK	OK	OK	**
(E)	9,54628	OK	OK	OK	OK	*

El modelo de mayor ajuste, que supera todos los tests efectuados, es el modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste de Box-Cox. Este modelo presenta los menores porcentajes de errores.

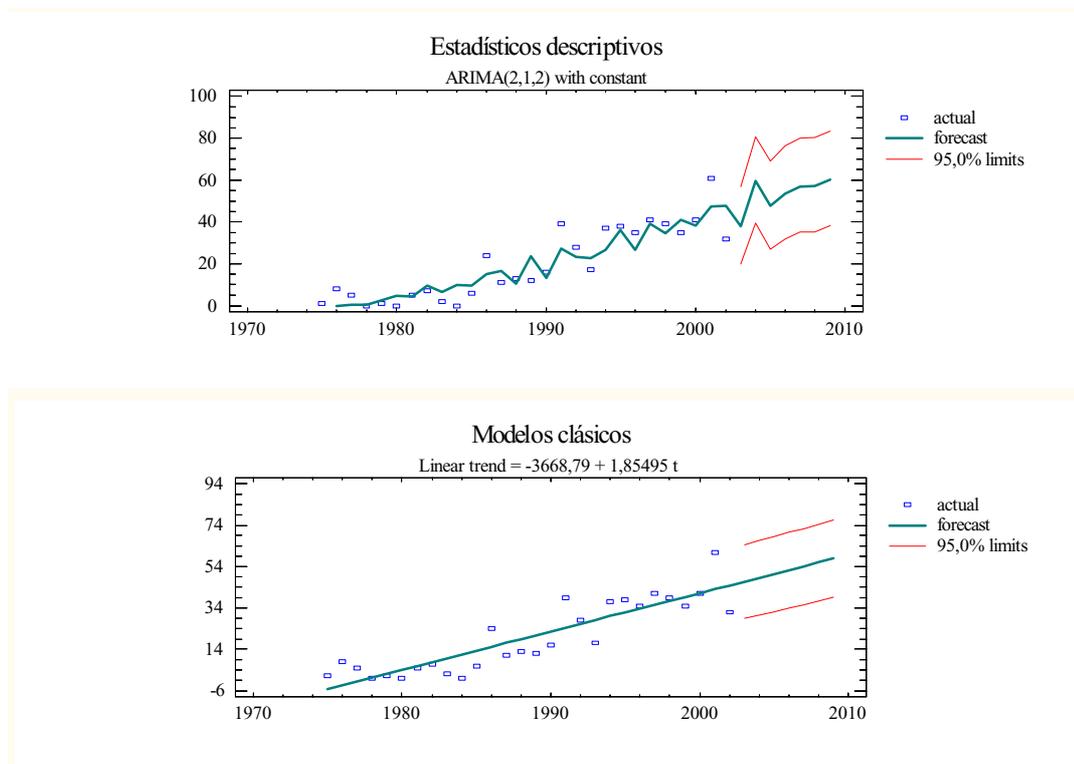


Figura 130. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estadísticos descriptivos.

Con respecto a los modelos clásicos, el de mayor ajuste es el modelo de tendencia lineal  $y = -3668,79 + 1,85 t$ . Este modelo ratifica todos los test realizados excepto el test de rachas por encima y por debajo de la mediana con un nivel de significatividad marginal ( $0,05 < p < 0,10$ ).

El análisis de ajuste a los modelos, en el caso de los estadísticos inferenciales, es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3)
- B. Media constante = 8,64
- C. Tendencia lineal:  $-1207,1 + 0,61 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,31$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	25,5515	3,6126		0,233535	
(B)	53,9418	6,02041		2,79142E-15	
(C)	29,7505	4,19063		-7,30844E-14	
(D)	42,0017	4,96522		1,38261	
(E)	35,82	4,33229		1,19453	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	5,05485	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	7,34451	OK	**	***	***	OK
(C)	5,4544	OK	OK	OK	OK	*
(D)	6,48087	OK	OK	OK	OK	*
(E)	5,98498	OK	OK	OK	OK	*

El modelo ARIMA (2,1,3) presenta el mayor ajuste a la serie obtenida para este tipo de estadísticos. Este modelo ARIMA ratifica todos los tests realizados con un error cuadrático medio  $MSE = 25,55$ .

De los modelos clásicos, son 3 de ellos los que verifican 4 tests, y en el test de la varianza alcanzan un nivel de significatividad marginal: modelo de tendencia lineal, de media móvil simple de 5 términos u alisado simple exponencial. Atendiendo a este criterio y al de menor error cuadrático, se seleccionaría como modelo de mayor ajuste al modelo de tendencia lineal  $y = -1207,1 + 0,61 t$ , con un  $MSE = 29,75$ .

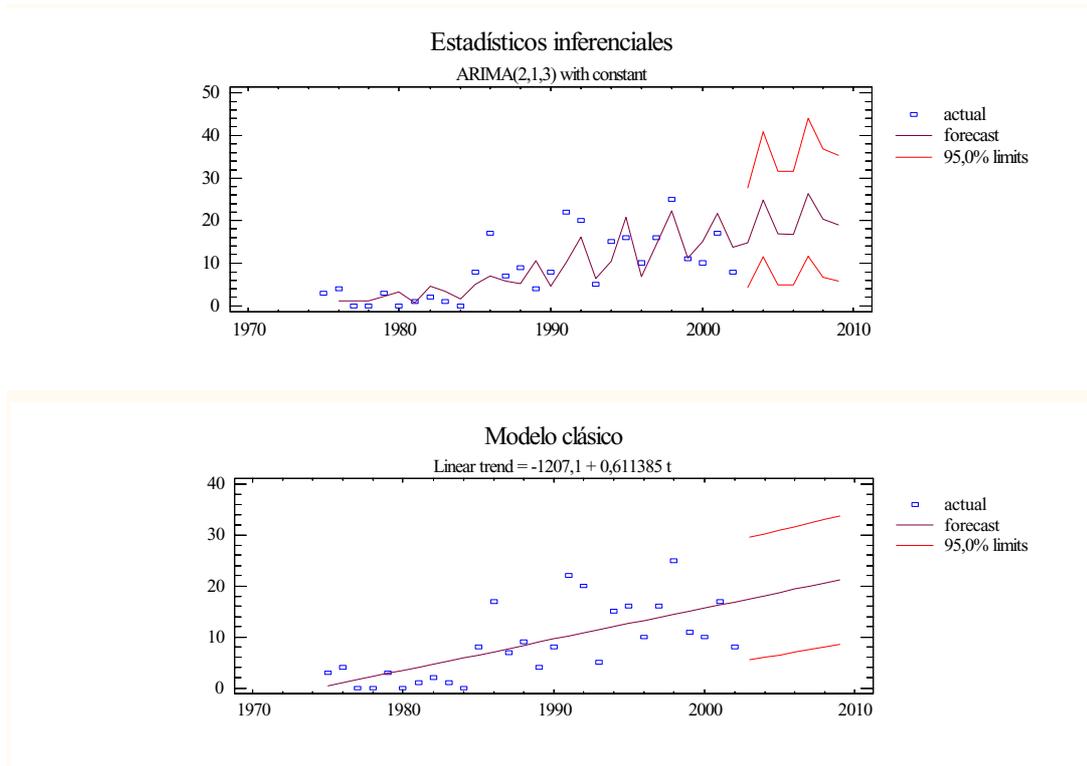


Figura 131. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estadísticos inferenciales.

Por último, los estadísticos correlacionales y técnicas multivariadas afines se ajustarían a los modelos:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 4,82
- C. Tendencia lineal:  $-802,22 + 0,41 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,66$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	5,62929	1,68044		0,0299043	
(B)	19,7077	3,73724		1,39571E-15	
(C)	8,89094	2,32665		5,27832E-14	
(D)	10,4557	2,52174		0,765217	
(E)	6,13576	1,88392		0,245941	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,37261	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4,43933	***	***	***	***	**
(C)	2,98177	***	**	***	OK	**
(D)	3,23352	OK	***	OK	OK	*
(E)	2,47705	*	OK	OK	OK	OK

El único modelo que confirma todos los test efectuados es el modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox. Este modelo presenta el menor porcentaje de errores con respecto a los otros modelos.

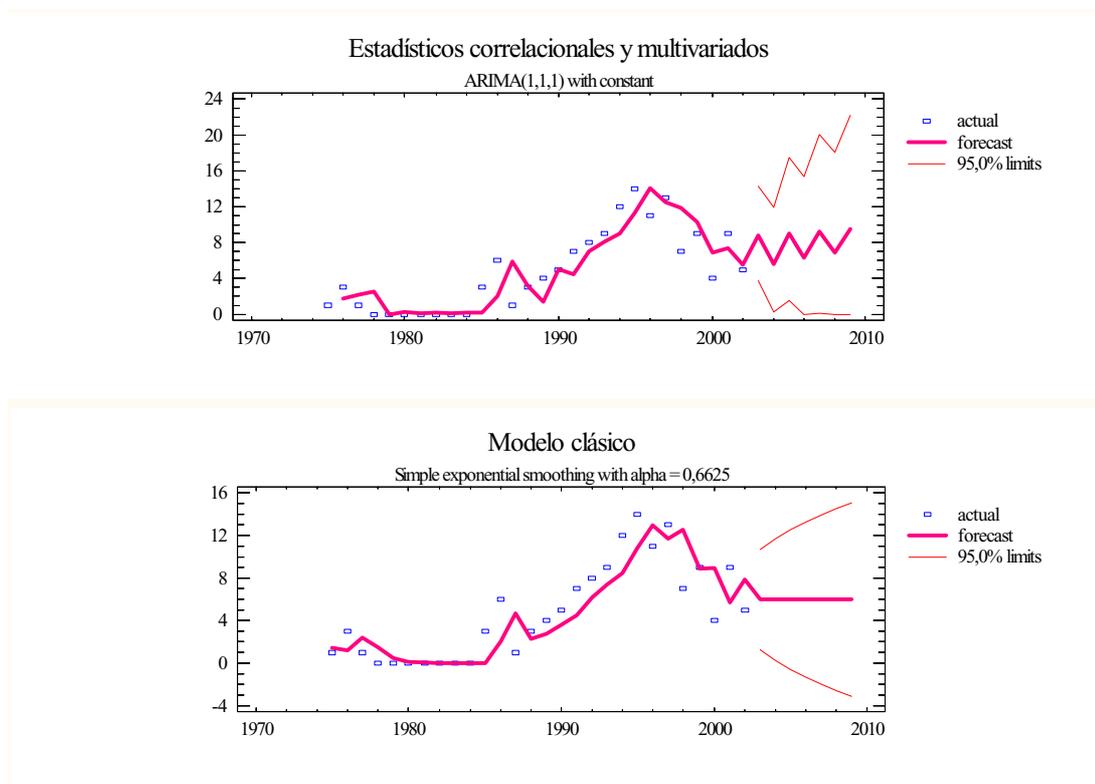


Figura 132. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de los estadísticos correlacionales.

De los modelo clásicos, el de mejor ajuste es el alisado simple exponencial con alpha 0,66, este modelo confirma 4 de los 5 tests ejecutados, y en el test de las rachas excesivas superior e inferior obtiene un nivel marginal de significatividad.

**B. Pronósticos.**

Para los distintos tipos de estadísticos, los valores obtenidos para los próximos 7 años son:

Tabla 100. Valores-pronósticos de los tipos de estadísticos utilizados

Pronóstico	Estadísticos			Límite inferior			Límite superior		
	Des	Inf	Cor	95,0%			95,0%		
2003	37	14	8	20	14	4	56	27	14
2004	59	24	6	39	24	1	80	40	12
2005	47	17	9	27	17	1	69	31	17
2006	53	17	6	32	17	0	76	32	15
2007	57	26	9	35	26	0	79	43	20
2008	57	20	7	35	20	0	80	36	18
2009	60	19	9	38	19	0	83	35	22

En base a los datos obtenidos se infiere que:

- Los estadísticos descriptivos serían los mayoritariamente utilizados, produciéndose notables fluctuaciones anuales.
- Los estadísticos inferenciales se seguirán utilizando. En segundo lugar de prioridad<sup>2</sup>.
- En el caso de los estadísticos inferenciales y correlacionales, las fluctuaciones anuales serán menos acentuadas; siendo los estadísticos correlacionales y técnicas multivariadas afines, el tipo de estadísticos menos utilizado en la investigación en Educación Matemática.

#### 8.4.17. Variable 43. Evolución diacrónica del análisis cualitativo.

El auge de la metodología cualitativa, para entender los fenómenos sociales u educativos, se ve también reflejado en el uso de técnicas que tienen esta misma finalidad. Bajo el concepto de análisis cualitativo se han agrupado técnicas como el análisis de contenido, la narración y la inducción analítica, entre otras.

<sup>2</sup> Se ha observado que estudios que se declaran abiertamente interpretativos hacen uso generalizado de estadísticos descriptivos, e incluso de estadísticos inferenciales no paramétricos (por ejemplo Chi-cuadrado-<sup>2</sup>) para analizar datos categoriales.

Tabla 101. Desarrollo diacrónico anual del análisis cualitativo

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Sí utiliza</i>	-								
<i>No utiliza</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Sí utiliza</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No utiliza</i>	2	2	1	1	-	2	2	1	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Sí utiliza</i>	1	1	-	-	2	2	5	7	4
<i>No utiliza</i>	1	6	4	6	4	4	12	4	3
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Sí utiliza</i>	2	6	7	6	14	2	3	8	7
<i>No utiliza</i>	13	8	7	10	5	13	15	18	8

Las técnicas de análisis cualitativo comienzan a tener una presencia significativa a partir de los años 90, aumentando su importancia en la actualidad dentro de la investigación educativa. Es de destacar el gran aumento de este tipo de técnicas que se produce en el año 1998 debido a la realización de varias tesis doctorales que centran sus análisis de datos en este tipo de técnicas.

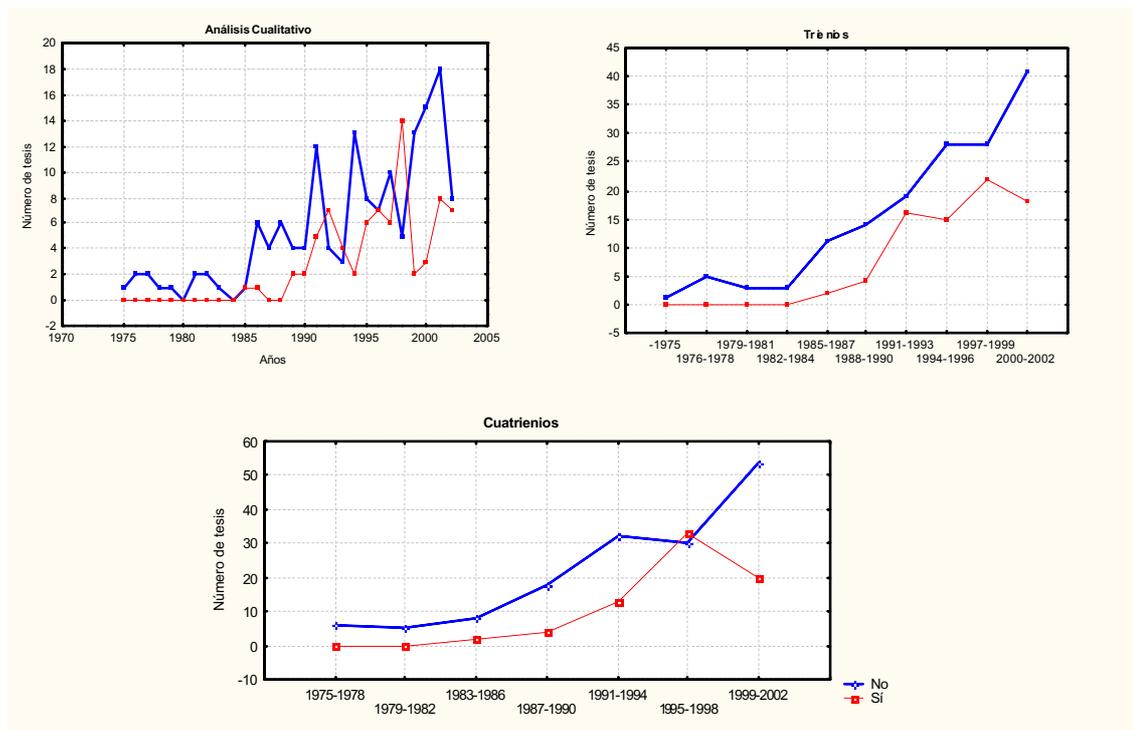


Figura 133. Desarrollo diacrónico del análisis cualitativo (1975-2002).

Como conclusión general, hemos de decir que el uso de técnicas cualitativas constituye una verdadera complementación a técnicas más cuantitativas, fundamentalmente las de tipo descriptivo, lo que ratifica esa necesidad, establecida por muchos autores, de la complementariedad e integración entre los distintos métodos disponibles en la actualidad (Bericat, 1998; Fernández Cano, 1995).

**A. Ajuste.**

El ajuste de la distribución obtenida a los modelos establecidos es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,75
- C. Tendencia lineal:  $-638,86 + 0,32 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,33$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	5,4704	1,30109		0,652004	
(B)	12,4167	2,82143		0,0	
(C)	5,57853	1,5899		1,21807E-14	
(D)	8,0	1,89394		1,01515	
(E)	7,14225	1,57458		0,690817	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,33889	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3,52373	***	***	***	***	***
(C)	2,36189	**	***	OK	OK	***
(D)	2,82843	OK	OK	OK	OK	***
(E)	2,6725	***	**	OK	OK	***

---

El modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste de Box-Cox es el modelo al que se produce un mejor ajuste. Este modelo confirma todos los test efectuados en tal análisis con un menor porcentaje de errores.

A ninguno de los modelos denominados clásicos, se produce un buen ajuste. El modelo de tendencia lineal  $y = -638,86 + 0,32 t$ , sólo ratifica dos de los tests con un error cuadrático menor que los otros modelos; el modelo de media móvil simple de 5 términos confirma 4 tests realizados, pero su error cuadrático (MSE) asciendo a 8. Por

ello, seleccionamos el primer modelo, modelo de tendencia lineal, como modelo clásico.

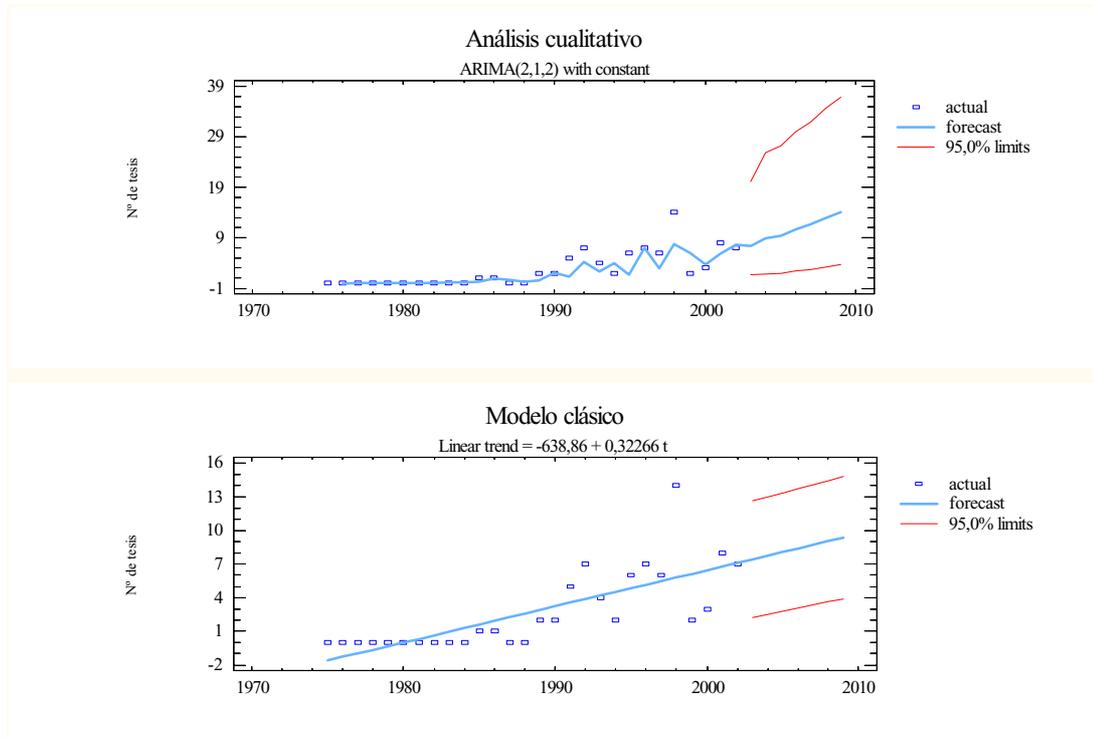


Figura 134. Modelo gráfico ARIMA y Clásico del análisis cualitativo.

## B. Pronósticos.

Los valores prospectivos del análisis cualitativo de datos para el periodo 2003-2009 son:

Tabla 102. Valores-pronósticos del análisis cualitativo

Pronóstico	An. cualitativo	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	7	2	20
2004	9	2	26
2005	9	2	27
2006	11	2	30
2007	11	3	32
2008	13	3	34
2009	14	4	37

Para este próximo periodo queda la evidencia del crecimiento de este tipo de análisis de datos. Un crecimiento continuo y sin ningún tipo de oscilación anual; cuantitativamente, sería una tendencia de crecimiento de  $a = 0,32$  ( $\alpha$  - arcotangente  $\alpha = 17,7^\circ$ ).

Este hallazgo confirma la importancia de este tipo de técnicas de estudio dentro del ámbito de la Educación y, concretamente, del campo de la Educación Matemática; superando su uso al de las técnicas correlacionales pronosticadas en el punto anterior. Sin embargo se infiere cierta incongruencia entre la predominancia del enfoque interpretativo (cualitativo) y las bajas tasas y tendencia en el uso del análisis cualitativo. Tal desajuste es, sin duda, debido a que estudios declarados como interpretativos hacen uso de estadísticos descriptivos e incluso inferenciales (?)

8.4.18. Variable 44. Evolución diacrónica de la triangulación.

El proceso de triangulación va enmarcado, dentro del campo de la investigación cualitativa, con la intencionalidad de dar mayor validez a los hallazgos encontrados. Se podrán llevar a cabo la diferenciación entre tipos de triangulación distintos tipos de validez; pero, en este caso, la única distinción que se va a realizar es si se efectúa o no algún tipo de triangulación.

Tabla 103. Desarrollo diacrónico anual de la triangulación

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Sí realiza</i>	-								
<i>No realiza</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Sí realiza</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No realiza</i>	2	2	1	1	-	2	3	1	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Sí realiza</i>	-	-	1	2	2	1	1	4	-
<i>No realiza</i>	2	7	3	5	4	5	14	7	8
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Sí realiza</i>	2	5	1	3	4	2	6	7	5
<i>No realiza</i>	14	10	14	15	17	13	13	19	10

El hallazgo general es que la técnica de triangulación, en cualquiera de sus modalidades no es muy utilizada en el ámbito de la investigación en Educación Matemática, en lo referente a tesis doctorales.

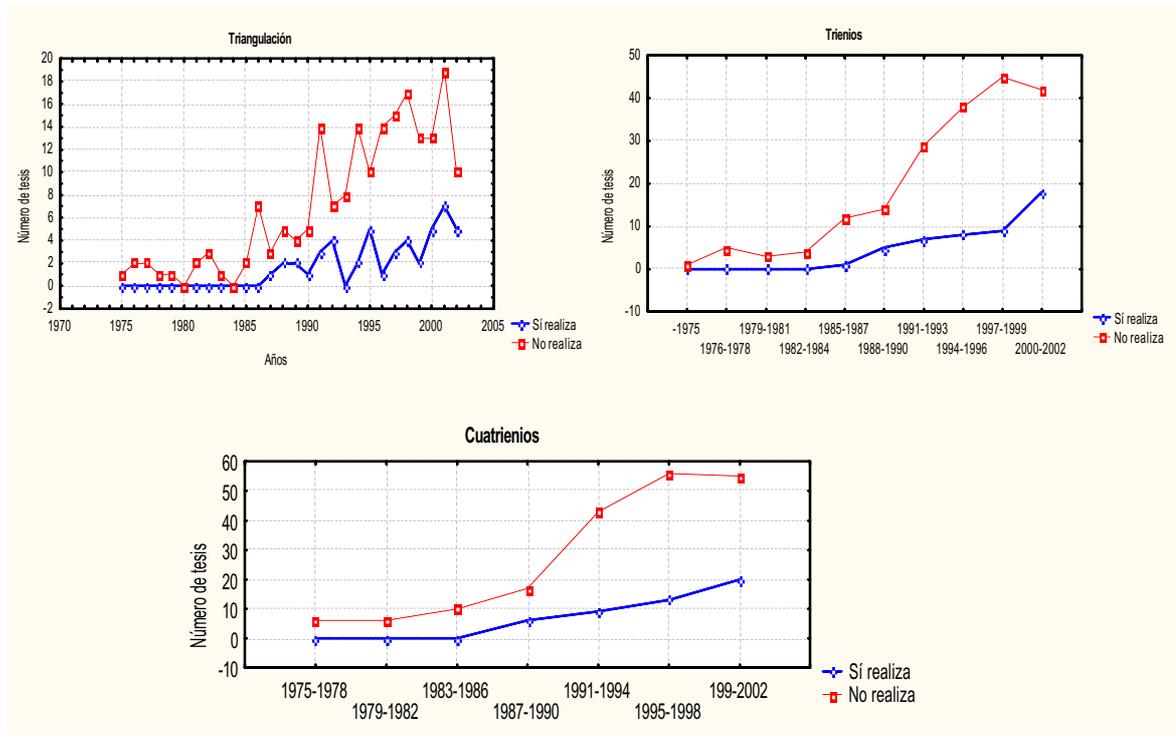


Figura 135. Desarrollo diacrónico de la triangulación (1975-2002).

Hasta el año 1987 no se presenta el primer caso de tesis que confirma haber utilizado algún tipo de triangulación. A partir del este momento, el crecimiento es muy pausado; donde, en el mejor de los casos, en el año 2001 se confirma que 7 tesis doctorales han utilizado algún tipo de triangulación.

### A. Ajuste.

La serie temporal es muy corta en el caso del “sí realiza”, pero a pesar de ello; el análisis de ajuste es:

- Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 1,64
- Tendencia lineal:  $-407,60 + 0,21 t$
- Media móvil simple de 5 términos
- Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,39$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	0,80421	0,523608		0,127229	
(B)	4,46032	1,70918		3,64788E-16	
(C)	1,65566	0,989444		3,17207E-17	
(D)	2,5687	1,08696		0,686957	
(E)	2,14987	0,901286		0,464229	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	0,896778	OK	*	OK	OK	OK
(B)	2,11195	***	***	***	***	***
(C)	1,28672	***	OK	OK	OK	***
(D)	1,60272	**	OK	OK		
(E)	1,46624	***	OK	*	OK	***

Como podemos observar por los resultados obtenidos, el ajuste a los modelos es muy débil en general. Pero, si seleccionáramos el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste de Box-Cox, como el modelo al que se produce un mayor ajuste. Este modelo confirma 4 tests diferentes y con un resultado de significatividad marginal el tests de rachas por encima y debajo de la mediana.

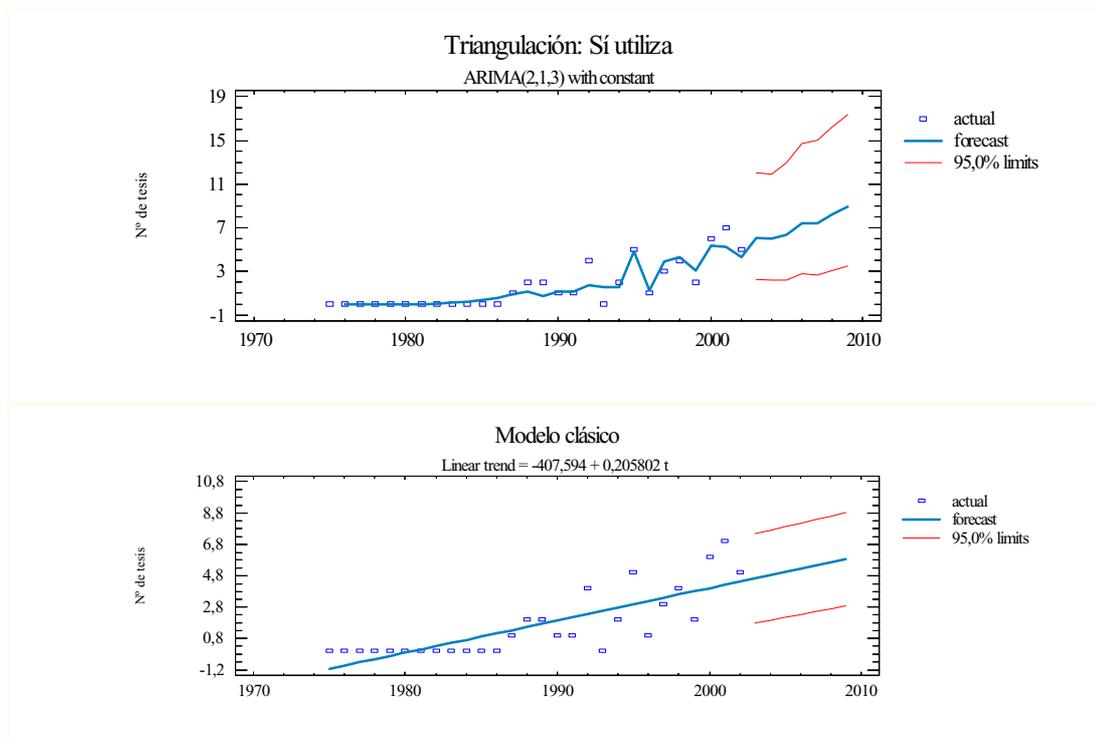


Figura 136. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando sí utiliza la triangulación.

De los modelos clásicos, el de mayor ajuste es el modelo de tendencia lineal  $y = -407,60 + 0,21 t$ , que ratifica tres de los tests realizados, con un error cuadrático medio (MSE) de 1,66.

El ajuste de la distribución relativo al “no realiza” triangulación es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 6,89
- C. Tendencia lineal:  $-1240,95 + 0,63 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,45$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	7,29296	1,83223		0,0133484	
(B)	34,6918	5,09949		-1,58603E-16	
(C)	8,35437	2,37552		1,46169E-13	
(D)	12,087	2,53913		1,63478	
(E)	10,5322	2,24119		0,942022	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,70055	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,88997	OK	***	***	***	***
(C)	2,89039	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	3,47663	OK	OK	OK	OK	**
(E)	3,24534	OK	OK	OK	OK	***

Los datos obtenidos muestran, como en este caso, hay dos modelos a los que se produce un ajuste total: el modelo ARIMA (2,12) con ajuste de Box-Cox y el modelo de tendencia lineal  $y = -1240,95 + 0,63 t$ .

Por tanto, estos son los dos tipos de modelos seleccionados como de mayor ajuste. Indiquemos que ambos modelos, además de verificar los distintos tests realizados, tienen un menor porcentaje de errores.

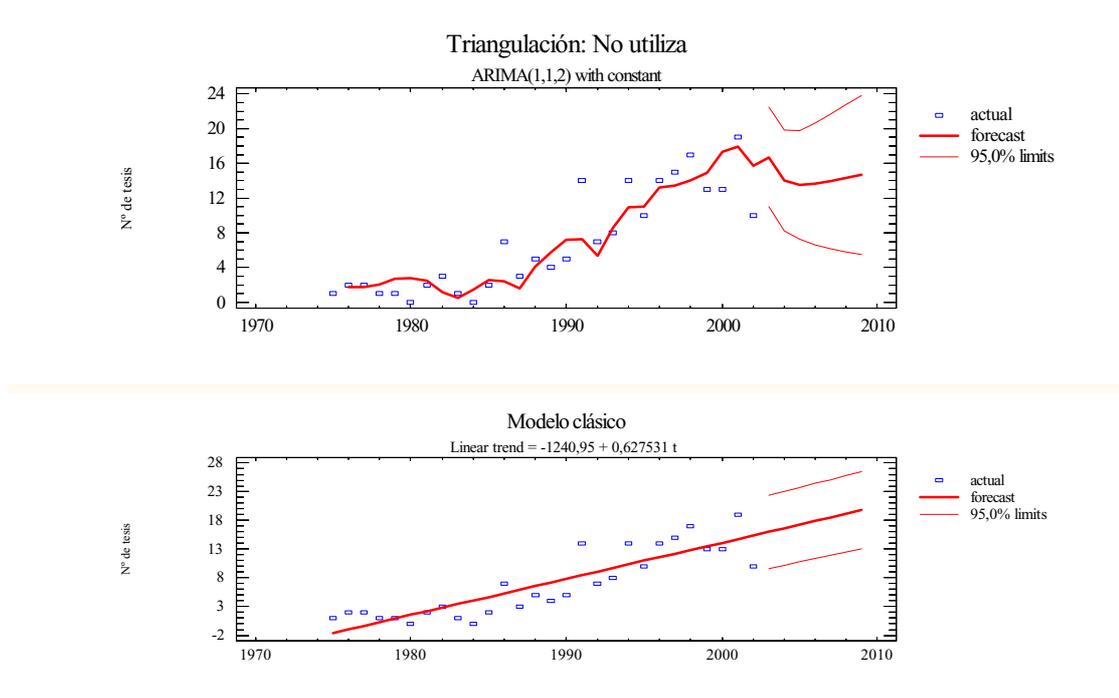


Figura 137. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando no utiliza la triangulación.

**B. Pronósticos.**

Para ambos casos, los valores-pronósticos obtenidos a partir de los modelos seleccionados son:

Tabla 104. Valores-pronósticos de la triangulación

Pronóstico	Triangulación		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Sí	No				
2003	6	16	2	10	12	22
2004	6	18	2	11	12	24
2005	6	13	2	7	13	19
2006	7	19	2	11	15	26
2007	7	16	2	9	17	25
2008	8	17	3	8	18	25
2009	9	19	3	11	19	28

Los datos obtenidos reflejan un incremento del uso de la triangulación para este periodo (2003-2009), pero tal incremento se debe más al incremento de la producción general, que a una preocupación por la propia triangulación. En consecuencia, la

mayoría de los estudios que se realizan seguirán sin preocuparse por esta cuestión; pese a que para el paradigma interpretativo y complementarista son dominantes. Por lo que parece contradictorio; siendo para ellos ésta, una preocupación capital, al menos a nivel teórico-fundamentador que no práctico-procedimental como aquí se infiere.

#### 8.4.19. Variable 45. Evolución diacrónica de los hallazgos de la investigación.

El enunciar al final del informe cuál o cuáles han sido los hallazgos alcanzados es una cuestión básica en cualquier investigación. Con esta variable se pretende confirmar si también lo es para las tesis doctorales españolas de Educación Matemática.

Tabla 105. Desarrollo diacrónico anual de los hallazgos de la investigación

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Sí enuncia</i>	1								
<i>No enuncia</i>	-								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Sí enuncia</i>	1	2	1	1	-	2	3	1	-
<i>No enuncia</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Sí enuncia</i>	2	7	3	7	6	6	17	11	8
<i>No enuncia</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Sí enuncia</i>	16	15	15	18	21	15	19	26	15
<i>No enuncia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-

El análisis longitudinal realizado nos atestigua que la cuestión de informar de los hallazgos obtenidos en la realización de las tesis doctorales, ubicándolos incluso en un apartado concreto, es una práctica dominante a lo largo del periodo de estudio.

Sólo dos de la tesis consultadas (una del año 1976 y otra del 1987) no explicitaron de manera clara cuáles eran sus hallazgos. Por lo demás, los resultados y el patrón obtenido son idénticos al de la variable de producción general.

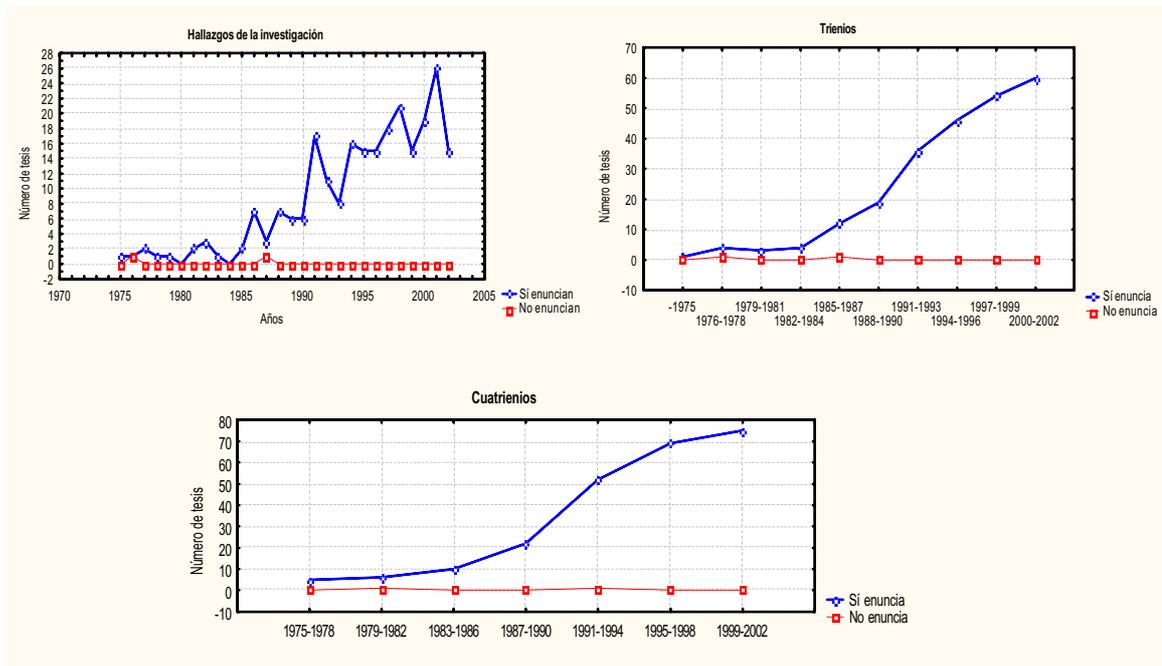


Figura 138. Desarrollo diacrónico de los hallazgos de la investigación (1975-2002).

**A. Ajuste.**

El análisis de ajuste se realiza sólo para la opción de enunciar los hallazgos de la investigación, ya que la otra opción es casi nula. En este caso, le ajuste determina:

- A. Modelo ARIMA (1,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 5,61
- C. Tendencia lineal:  $-1135,58 + 0,57 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,48$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	10,8236	2,21494		0,378608	
(B)	31,8029	4,90816		1,30055E-15	
(C)	9,88282	2,63248		-8,12049E-15	
(D)	13,8313	2,8087		1,45217	
(E)	11,7552	2,3267		0,837219	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,28992	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,63941	OK	***	***	***	***
(C)	3,14369	OK	*	OK	OK	**
(D)	3,71905	OK	**	OK	OK	***
(E)	3,42859	OK	OK	OK	OK	***

El mejor modelo de ajuste es el modelo ARIMA (1,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox. Este modelo ratifica todos los test realizados, aunque presenta un error cuadrático medio algo superior al modelo de tendencia lineal. A pesar de ello, se confirma como mejor modelo de ajuste. Por tanto, de los modelo denominados clásicos, se selecciona el modelo de tendencia lineal  $y = -1135,58 + 0,57 t$ , como modelo clásico de mayor ajuste. Este modelo verifica únicamente 3 tests: modelo de rachas excesivas superior e inferior (RUNS), modelo de Box-Pierce para las auto-correlaciones excesivas (AUTO) y el modelo de diferencia entre medias, primera mitad-segunda mitad.

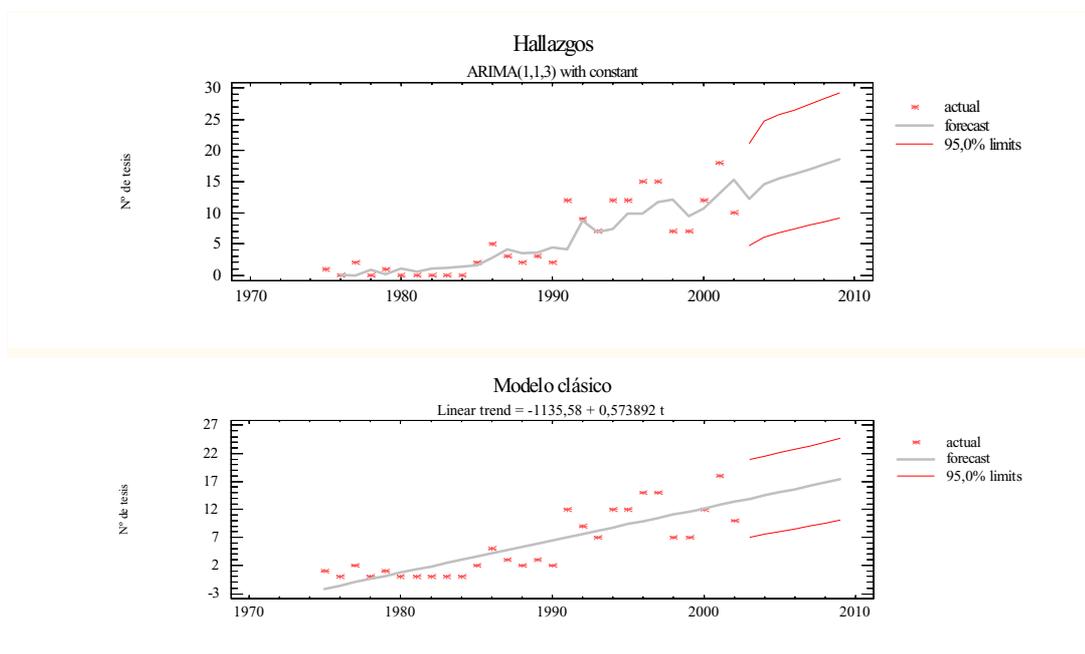


Figura 139. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando sí enuncia los hallazgos.

## B. Pronósticos.

Los valores-pronósticos establecidos por el modelo ARIMA seleccionado son:

Tabla 106. Valores-pronósticos de los hallazgos

Pronóstico	Hallazgos	Límite inferior 95,0%	Límite superior 95,0%
2003	12	5	21
2004	14	6	24
2005	15	7	25
2006	16	7	26
2007	17	8	27
2008	18	9	28
2009	18	9	29

Los valores obtenidos muestran que enunciar los hallazgos de las investigaciones es una práctica que va a continuar durante el próximo periodo 2003-2009. El incremento manifestado en este análisis es causa del aumento de la producción general.

Los valores máximos de los límites inferior y superior son 9 y 29 respectivamente.

#### 8.4.20. Variable 46. Evolución diacrónica de las cuestiones abiertas.

Esta variable versa sobre las futuras líneas de investigación o cuestiones abiertas, como aquí se ha denominado, sobre las que el autor estima que se debería continuar dicha investigación realizada. Constituyen una apertura de los estudios ya desarrollados.

Tabla 107. Desarrollo diacrónico anual de las cuestiones abiertas

<i>Años</i>	<b>1975</b>								
<i>Sí enuncia</i>	1								
<i>No enuncia</i>	-								
<i>Años</i>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Sí enuncia</i>	-	2	-	1	-	-	-	-	-
<i>No enuncia</i>	2	-	1	-	-	2	3	1	-
<i>Años</i>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Sí enuncia</i>	2	5	3	2	3	2	12	9	7
<i>No enuncia</i>	-	2	1	5	3	4	5	2	1
<i>Años</i>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Sí enuncia</i>	12	12	12	15	15	7	12	18	10
<i>No enuncia</i>	4	3	3	3	6	8	7	8	5

El enunciado de cuestiones abiertas, al término de una investigación, no es una práctica tan común y mayoritaria en la realización de las tesis doctorales analizadas, como sería deseable; hecho que se ha ido incrementando en los últimos años de este

estudio. Específicamente a partir del año 1997, las tesis doctorales que no enuncian cuestiones abiertas al término de las mismas se han duplicado en los años posteriores.

Por el contrario, aquellos autores que describen las posibles líneas de investigación futuras comienzan a incrementarse a principios de la década de los 90; sobre todo el año 1991, y actualmente parece haber alcanzado una fase con cierto carácter logístico.

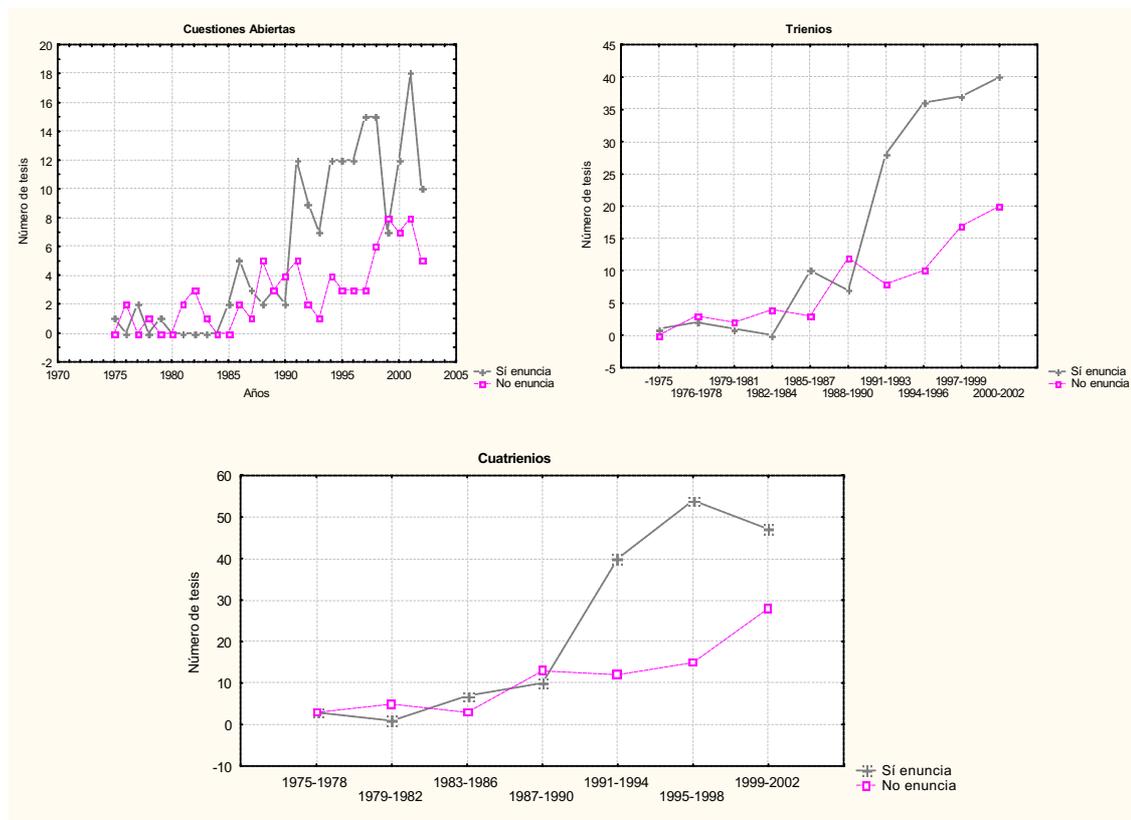


Figura 140. Desarrollo diacrónico de las cuestiones abiertas (1975-2002).

### A. Ajuste.

El análisis de ajuste a los modelos establecidos se realizará para ambas opciones. En primer lugar, en el caso afirmativo de enunciar las cuestiones abiertas, el ajuste es:

- Modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- Media constante = 5,79
- Tendencia lineal:  $-1193,63 + 0,60 t$
- Media móvil simple de 5 términos
- Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,47$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	9,09672	1,92004		0,127144	
(B)	33,2116	5,11224		-2,85486E-16	
(C)	8,92369	2,52948		4,06024E-14	
(D)	12,8574	2,66957		1,52174	
(E)	10,561	2,14335		0,883581	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,01608	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	5,76295	OK	***	***	***	***
(C)	2,98725	OK	*	OK	OK	*
(D)	3,58572	OK	**	OK	OK	**
(E)	3,24977	OK	OK	OK	OK	***

De todos los modelos seleccionados, el modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox presenta el mayor ajuste en este análisis. Este modelo ratifica todos los tests efectuados, aunque presenta un error cuadrático medio algo superior al modelo de tendencia lineal  $y = -1193,63 + 0,60 t$ . Es por ello, por lo que este modelo es considerado como el mejor modelo clásico, aunque sólo ratifica 3 de los 5 tests realizados, los restantes obtienen un nivel de significatividad marginal.

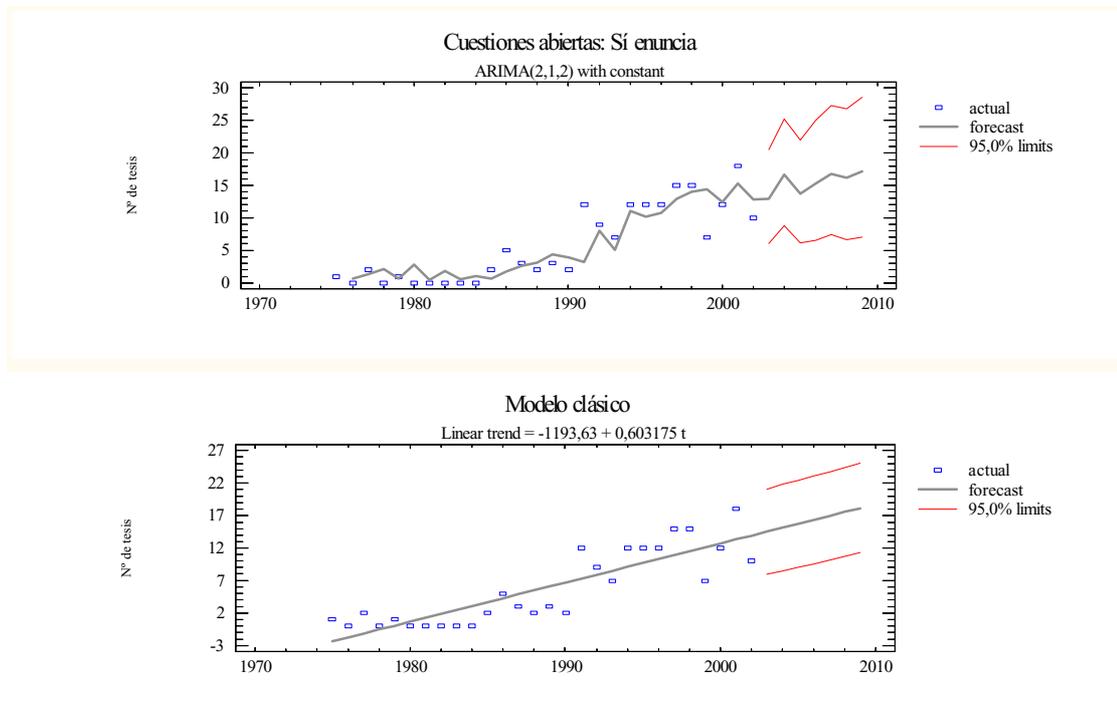


Figura 141. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando sí enuncian las cuestiones abiertas.

En segundo lugar, el análisis de ajuste relativo al “no enuncia” las cuestiones abiertas es:

- A. Modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,82
- C. Tendencia lineal:  $-460,29 + 0,23 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,55$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	2,41447	1,31942		0,272924	
(B)	6,00397	1,96429		-7,77156E-16	
(C)	2,42347	1,27883		1,6241E-14	
(D)	4,02087	1,61739		0,8	
(E)	2,95201	1,34608		0,361194	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,54939	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,4503	OK	***	***	***	OK
(C)	1,55675	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	2,00521	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	1,71814	OK	OK	OK	OK	OK

Para esta distribución, el ajuste total se produce en varios de los modelos: modelo ARIMA, modelo clásico de tendencia lineal, modelo clásico alisado simple exponencial con  $\alpha 0,55$  y modelo clásico de media móvil simple de 5 términos. De todos estos modelos, los dos primeros presentan un ajuste muy similar y con un porcentaje de errores similares.

De este modo, como modelo de mayor ajuste se seleccionaría el modelo ARIMA (1,1,1) con ajuste de Box-Cox, con un error cuadrático medio (MSE) de 2,41. De los modelos clásico, se selecciona el modelo de tendencia lineal  $y = -460,29 + 0,23 t$ , con un MSE = 2,42.

En ambas distribuciones, la tendencia de crecimiento se ajusta a una recta pero con pendientes bien distintas. Así,  $a = 0,60$ ;  $\theta = 31^\circ$  para la serie que plantea cuestiones

abiertas; mientras que la serie que no las enuncia su pendiente es menos acusada a = 0,23; ? = 13°.

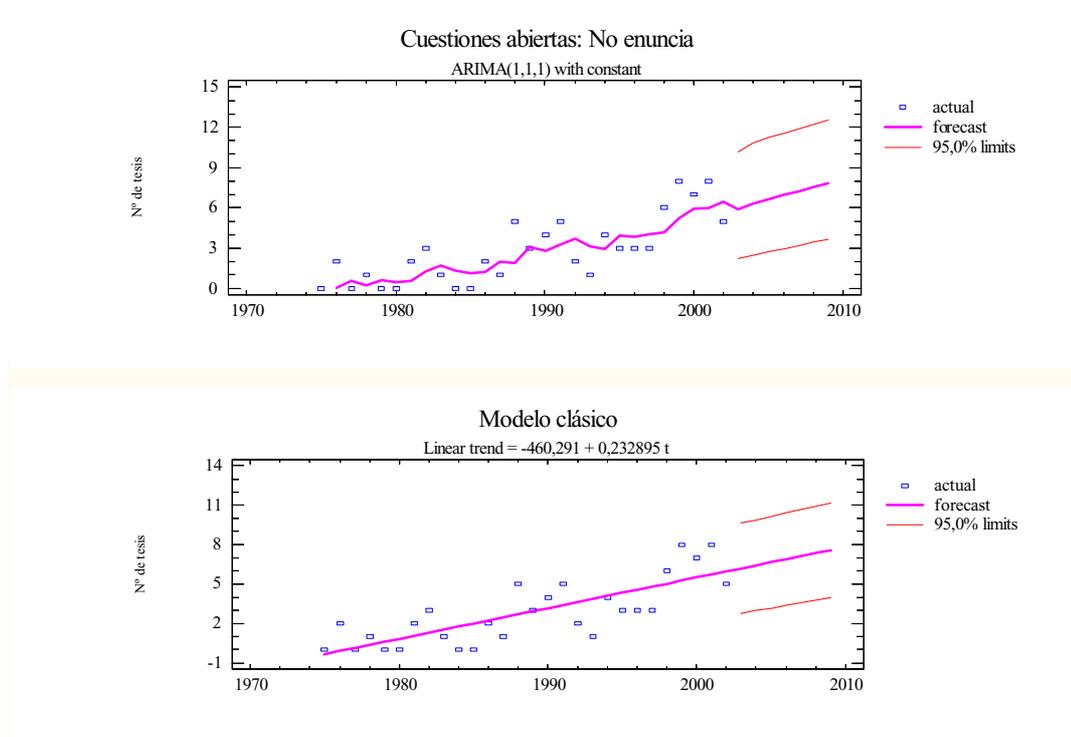


Figura 142. Modelo gráfico ARIMA y Clásico cuando no enuncia las cuest. abiertas

### B. Pronósticos.

Los valores obtenidos para los próximos años 2003-2009 son:

Tabla 108. Valores-pronósticos de las cuestiones abiertas

Pronóstico	C. Abiertas		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Sí	No				
2003	13	6	6	2	20	10
2004	16	6	9	2	25	11
2005	14	7	6	3	22	11
2006	15	7	7	3	25	12
2007	17	7	7	3	27	12
2008	16	7	7	3	27	12
2009	17	8	7	4	28	13

El enunciado de las cuestiones abiertas será una práctica que se mantendrá en este próximo periodo, produciéndose un crecimiento paralelo al de la productividad general.

En el caso de no enunciar tales cuestiones, la situación pronosticada es la misma que se ha producido en los últimos años del estudio, sin producirse cambios importantes para resaltar.

#### 8.4.21. Variable 47. Evolución diacrónica de las implicaciones de la investigación.

La finalidad última de una investigación puede ir encauzada hacia la mejora de la propia práctica (implicación práctica); en este caso, hacia una mejora educativa o hacia la ratificación o falsación de una teoría (implicación teórica).

Tabla 109. Desarrollo diacrónico anual de las implicaciones de la investigación

<b>Años</b>	<b>1975</b>								
<i>Prácticas</i>	1								
<i>Teóricas</i>	1								
<b>Años</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<i>Prácticas</i>	1	1	1	1	-	2	3	-	-
<i>Teóricas</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<b>Años</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<i>Prácticas</i>	2	5	3	2	3	5	11	8	7
<i>Teóricas</i>	1	3	1	3	4	2	3	4	4
<b>Años</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<i>Prácticas</i>	14	10	12	16	19	13	17	24	15
<i>Teóricas</i>	7	5	7	8	5	6	7	5	3

Como se advierte en el análisis diacrónico, en Educación Matemática ha primado una investigación de carácter aplicado, a lo largo del periodo de análisis; es decir, una investigación centrada en el desempeño y mejora de la práctica educativa. Un hallazgo en la línea del establecido por Schoenfeld (1991), por primera vez, para la

Educación Matemática americana. Pautas similares ha detectado Fernández Cano (2000; 2001) para la investigación educativa española, aunque el problema de la generalización al mundo de las prácticas siga aún pendiente según este autor.

Esta tendencia ha provocado que la investigación básica, aquella investigación orientada a hallar nuevos conocimientos sin una finalidad práctica específica e inmediata, quede representada de forma minoritaria en este campo de investigación; teniendo en el periodo 1975-2002 una frecuencia no superior a 8 tesis doctorales.

No obstante, es destacable una tendencia emergente a la complementariedad de ambos tipos de investigación o, dicho de otro modo, las investigaciones más actuales tienden a complementar el carácter aplicado de la investigación educativa, con el desarrollo de nuevos conocimientos y/ o modificación de teorías que repercuten de algún modo en la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

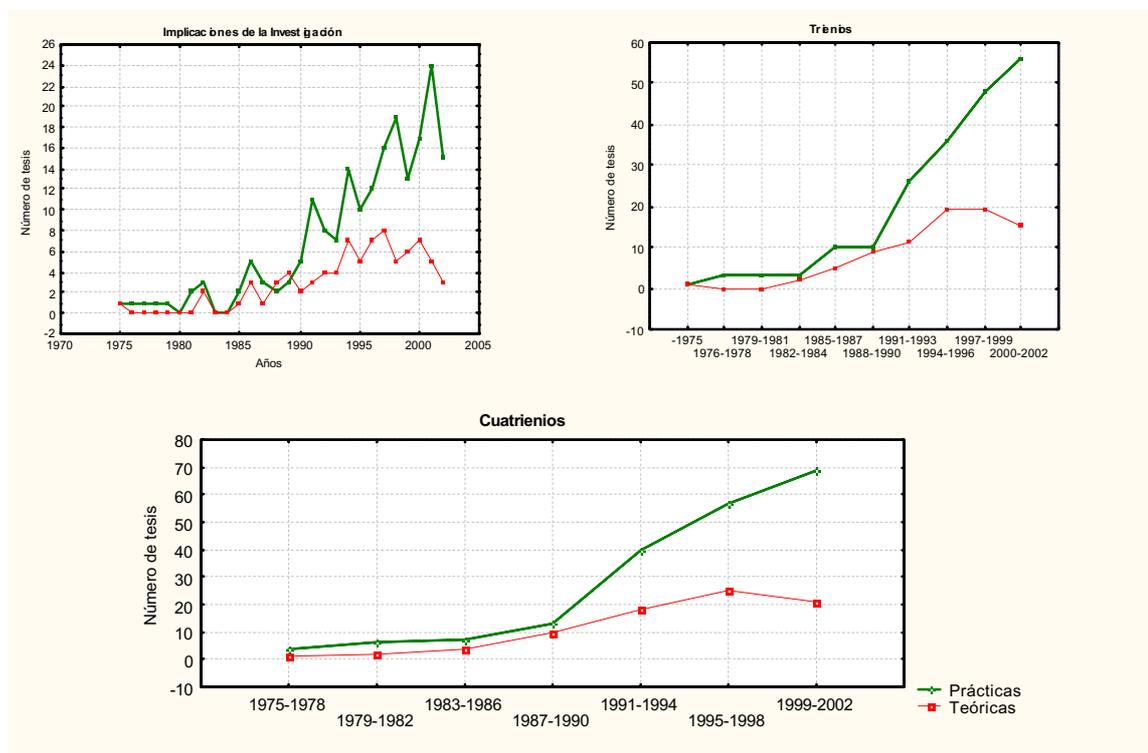


Figura 143. Desarrollo diacrónico de las implicaciones de la investigación (1975-2002).

En definitiva, la cuestión principal se fundamenta en conocer el impacto real de estas implicaciones prácticas sobre la realidad educativa; pero al par, otra finalidad

esencial que deben buscar las investigaciones científicas es responder a cuestiones pendientes, que tienen una amplia significatividad teórico-pedagógica.

### A. Ajuste.

En el caso de las implicaciones prácticas, el ajuste determina que:

- A. Modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 7,0
- C. Tendencia lineal:  $-1475,4 + 0,75 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,54$

---

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	4,66951	1,3876		0,247799	
(B)	47,1111	5,85714		0,0	
(C)	9,87116	2,57342		-8,12049E-15	
(D)	14,3548	2,85217		2,1913	
(E)	10,8285	2,25903		1,09717	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2,16091	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6,86375	**	***	***	***	***
(C)	3,14184	**	OK	**	OK	OK
(D)	3,78877	OK	OK	OK	*	*
(E)	3,29067	**	OK	OK	OK	***

---

El modelo que presenta un notable menor error cuadrático ( $MSE = 4,67$ ), además de verificar todos los test realizados en tal ajuste, es el modelo ARIMA (2,1,3) con ajuste matemático de Box-Cox.

A ninguno de los modelos clásicos se produce un ajuste total. A pesar de ello y atendiendo al menor error cuadrático ( $MSE = 9,87$ ), se selecciona el modelo de tendencia lineal  $y = -1475,4 + 0,75 t$ , como mejor modelo de ajuste clásico.

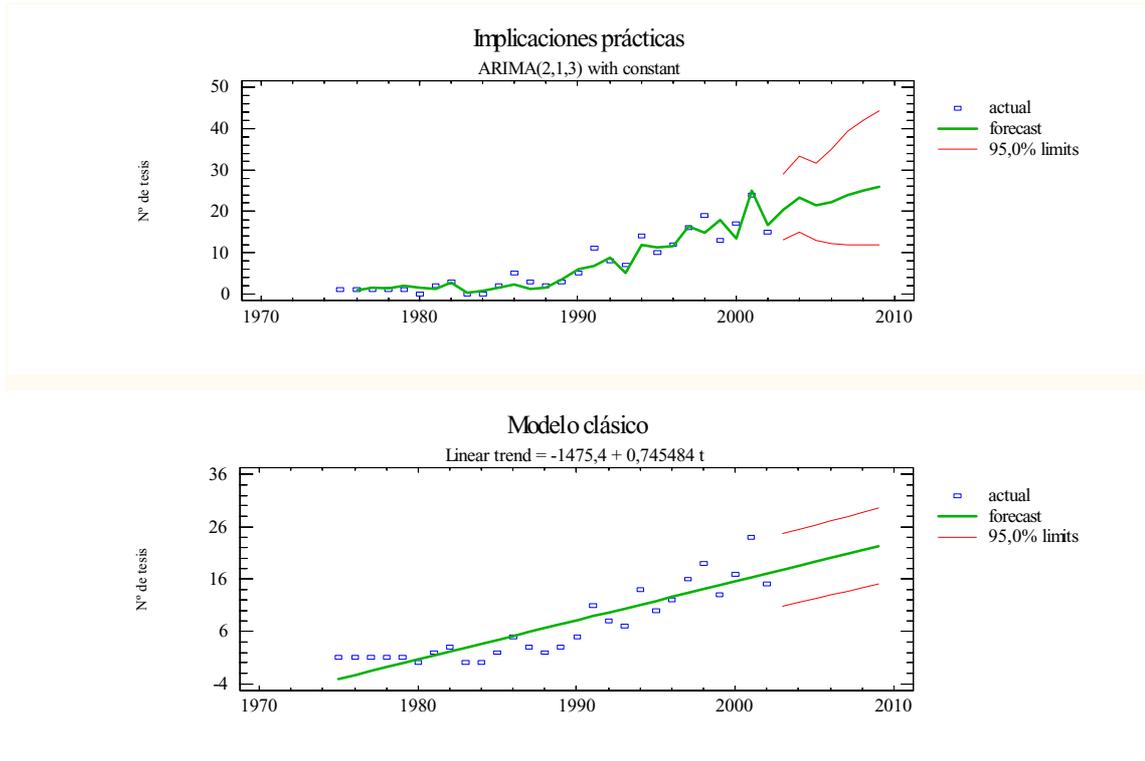


Figura 144. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las implicaciones prácticas.

Con respecto a las implicaciones teóricas, el ajuste a los modelos es:

- A. Modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox
- B. Media constante = 2,89
- C. Tendencia lineal:  $-529,88 + 0,27 t$
- D. Media móvil simple de 5 términos
- E. Alisado simple exponencial con  $\alpha = 0,56$

Model	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1,45277	0,75733		-0,000712747	
(B)	6,76587	2,18622		3,48927E-16	
(C)	2,08188	1,04461		4,06024E-15	
(D)	2,81391	1,32174		0,626087	
(E)	2,03298	1,10944		0,233755	

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,20531	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	2,60113	**	***	***	***	OK
(C)	1,43779	OK	OK	OK	OK	*
(D)	1,67747	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	1,42583	OK	OK	OK	OK	OK

La serie temporal perteneciente a las implicaciones teóricas de la investigación se ajusta a tres modelos de manera total: al modelo ARIMA y los modelos clásicos de media móvil simple de 5 términos y el alisado simple exponencial con  $\alpha$  0,56.

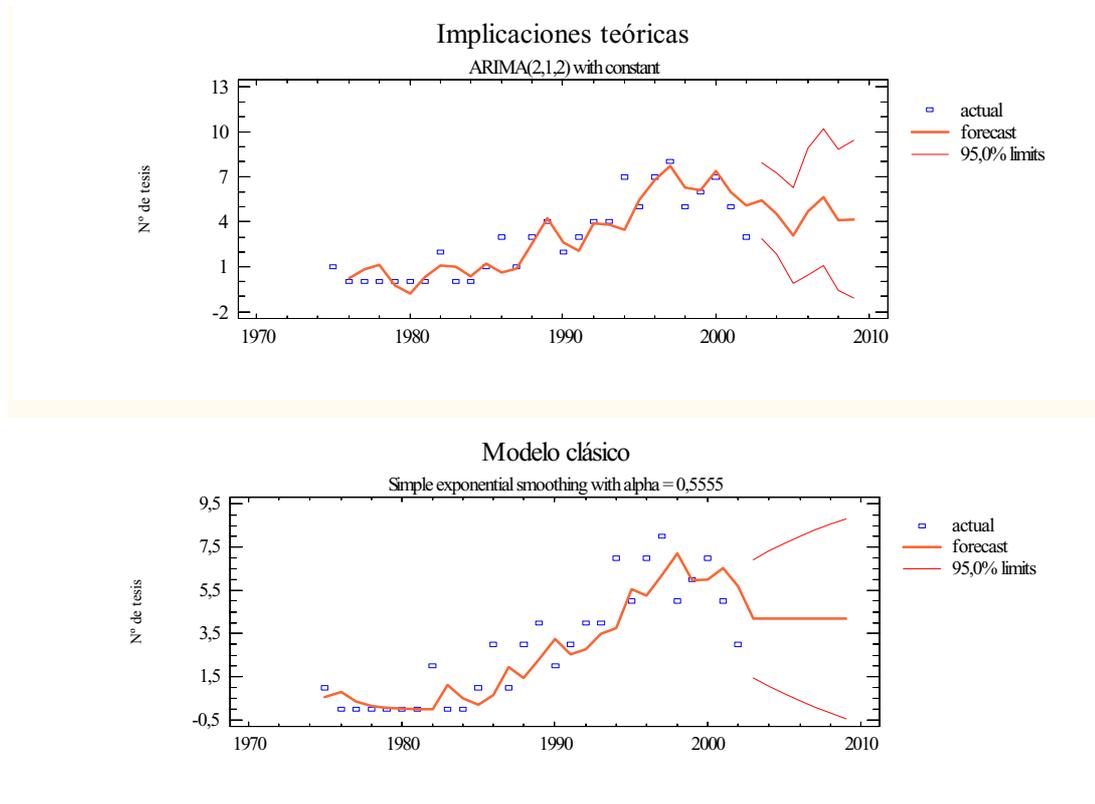


Figura 145. Modelo gráfico ARIMA y Clásico de las implicaciones teóricas.

De estos tres modelos, al que se produce un mayor ajuste, con un menor error cuadrático medio ( $MSE = 1,45$ ), es al modelo ARIMA (2,1,2) con ajuste matemático de Box-Cox.

De dos modelos clásicos se selecciona el modelo de alisado simple exponencial por contar éste con un menor cuadrático medio ( $MSE = 2,03$ ) con respecto al otro modelo.

Comparando ambas series, en base a las pendientes de regresión en la tendencia lineal, se aprecia que la distribución de tesis preocupadas por el impacto sobre la práctica tiene una pendiente  $a = 0,74$  con  $\theta = 36,5^\circ$ ; frente a una tangente menor de

aquellas investigaciones preocupadas por el impacto sobre la teoría ( $\alpha = 0,26$ ;  $\beta = 14,5^\circ$ ).

### B. Pronósticos.

Los valores prospectivos para ambos tipos de implicaciones de la investigación son los siguientes:

Tabla 110. Valores-pronósticos de las implicaciones de la investigación

Pronóstico	Implicaciones		Límite inferior 95,0%		Límite superior 95,0%	
	Pr	T <sup>a</sup>				
2003	20	5	14	3	27	8
2004	23	4	16	2	31	7
2005	21	3	14	0	29	6
2006	23	5	14	0	33	9
2007	24	5	14	1	35	10
2008	25	4	14	0	37	8
2009	26	4	14	0	39	9

De los valores obtenidos se infiere que:

- Se produce un importante aumento de las implicaciones prácticas en la investigación en Educación Matemática. Crecimiento a fluctuaciones anuales, oscilando entre los valores 20 y 26.
- Por lo tanto, se manifiesta el carácter eminentemente práctico y aplicado de las tesis doctorales en Educación Matemática.
- Las implicaciones teóricas muestran una estabilización en los últimos valores obtenidos en el análisis longitudinal, volviendo a la situación descrita hasta principios de los años 90. Por lo tanto, más que una complementariedad en las finalidades de las investigaciones, como apuntamos anteriormente, se produce un afianzamiento del carácter aplicado de la investigación educativa.

## **CAPÍTULO 9**

### **CONCLUSIONES GENERALES**

A lo largo del presente trabajo se ha realizado un análisis longitudinal sobre las tesis doctorales en Educación Matemática, atendiendo a tres tipos de variables: Cienciométricas, conceptuales y metodológicas. Esta misma clasificación es la que se efectúa en la redacción de los principales hallazgos obtenidos en este estudio.

Todos los resultados apoyan la idea de que nos encontramos ante un campo, el de la Educación Matemática, que se encuentra aún en crecimiento, un campo fértil en el que intervienen profesionales de distinta índole y centrado en una serie de tópicos, principales, bien delimitados.

Finalmente se exponen la consecución-verificación de los objetivos planteados al principio de este trabajo de investigación y la exposición de las líneas futuras de investigación.

## 9.1. Hallazgos sobre ajustes de las variables del estudio.

### 9.1.1. Resumen sobre ajustes de las variables cuantitativas.

Tabla 111. Ajuste y tendencia de las variables cuantitativas

<b>Variables</b>	<b>Ajuste a modelo clásico</b>	<b>Ajuste a modelo ARIMA</b>	<b>Tendencia<sup>?</sup></b>
Producción general	Lineal	<b>ARIMA (3,1,3)</b>	Creciente (+)
Género autores: ○ Hombres ○ Mujeres	Lineal Lineal	<b>ARIMA (1,1,3)</b> <b>ARIMA (1,1,2)</b>	Creciente (+) Constante (=)
Directores género: ○ Hombres ○ Mujeres	Aleatorio simple exponencial Lineal	<b>ARIMA (2,1,1)</b> <b>ARIMA (1,1,1)</b>	Creciente (+) Creciente (+)
Colaboración directores: ○ Un director	Lineal	<b>ARIMA (1,1,3)</b>	Creciente (+)
Producción institucional: ○ UCM ○ UGR	Lineal Aleatorio simple exponencial	<b>ARIMA (1,1,6)</b> <b>ARIMA (1,1,5)</b>	Fluctuante (±) Creciente (+)
Colaboración institucional: ○ Una institución	Lineal	<b>ARIMA (2,1,1)</b>	Creciente (+)
Centros realización: ○ Generalistas ○ Especialistas	Lineal Aleatorio simple exponencial	<b>ARIMA (4,2,4)</b> <b>ARIMA (2,2,6)</b>	Fluctuante (±) Fluctuante (±)
Número de citas	<b>Media móvil 5 términos</b>	ARIMA (3,1,1)	Constante (=)
Idioma de citas: ○ Español ○ Inglés	<b>Media móvil 7 términos</b> <b>Media móvil 6 términos</b>	ARIMA (5,1,1) ARIMA (1,1,1)	Constante (=) Constante (=)

<sup>?</sup> Creciente: Los valores de la serie van progresivamente en alza, creciendo.

Decreciente: Los valores van progresivamente a la baja.

Constante: Los valores de la serie se mantienen constantes o con una mínima variación.

Fluctuante: Los valores fluctúan con notables oscilaciones, tal que no se puede inferir una tendencia consistente.

Idioma revistas: ○ Español ○ Inglés	<b>Media móvil 8 términos</b> <b>Media móvil 5 términos</b>	ARIMA (1,1,1) ARIMA (1,1,1)	Constante (=) Constante (=)
Revistas: ○ R.P.G. ○ R.P.E. ○ R.E.G. ○ R.E.E.	<b>Lineal</b> <b>Aleatorio simple exponencial</b> Lineal <b>Aleatorio simple exponencial</b>	ARIMA (2,1,3) ARIMA (1,1,2) <b>ARIMA (2,1,1)</b> ARIMA (2,1,1)	Fluctuante (±) Creciente (+) Creciente (+) Creciente (+)
Idioma libros: ○ Español ○ Inglés	<b>Aleatorio simple exponencial</b> Media móvil 6 términos	ARIMA (5,1,1) <b>ARIMA (3,1,4)</b>	Fluctuante (±) Creciente (+)
Fuentes de citación: ○ Libros ○ Revistas ○ Otras citas	<b>Media móvil 14 términos</b> <b>Media móvil 12 términos</b> Aleatorio simple exponencial	ARIMA (4,1,3) ARIMA (2,1,5) <b>ARIMA (4,1,1)</b>	Constante (=) Constante (=) Constante (=)
Antigüedad citas	Media constante	<b>ARIMA (4,1,1)</b>	Fluctuante (±)
Variabilidad citas	Media constante	<b>ARIMA (3,1,1)</b>	Constante (=)
Idioma tesis: ○ Castellano	Lineal	<b>ARIMA (2,1,4)</b>	Creciente (+)
Nº de páginas	Lineal	<b>ARIMA (3,1,5)</b>	Creciente (+)
Financiación: No	Aleatorio simple exponencial	<b>ARIMA (2,1,1)</b>	Fluctuante (±)

*Negrita: Modelo de mayor ajuste*

9.1.2. Resumen sobre ajustes de las variables conceptuales.

Tabla 112. Ajuste y tendencia de las variables conceptuales

<b>Variables</b>	<b>Ajuste a modelo clásico</b>	<b>Ajuste a modelo ARIMA</b>	<b>Tendencia</b>
Política	Lineal	<b>ARIMA (2,1,3)</b>	Fluctuante ( $\pm$ )
Psicología	Lineal	<b>ARIMA (2,2,2)</b>	Fluctuante ( $\pm$ )
Educación	Aleatorio simple exponencial	<b>ARIMA (2,1,1)</b>	Creciente (+)
Aritmética	Lineal	<b>ARIMA (1,1,6)</b>	Fluctuante ( $\pm$ )
Geometría	Lineal	<b>ARIMA (1,1,1)</b>	Creciente (+)
Material educativo	Aleatorio simple exponencial	<b>ARIMA (1,1,1)</b>	Creciente (+)

*Negrita: Modelo de mayor ajuste*

## 9.1.3. Resumen sobre ajustes de las variables metodológicas.

Tabla 113. Ajuste y tendencia de las variables metodológicas

<b>Variables</b>	<b>Ajuste a modelo clásico</b>	<b>Ajuste a modelo ARIMA</b>	<b>Tendencia</b>
Paradigmas: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nomotético</li> <li>○ Interpretativo</li> <li>○ Crítico</li> <li>○ Complementarista</li> </ul>	Lineal Lineal Media móvil 5 términos Lineal	<b>ARIMA (2,1,1)</b> <b>ARIMA (1,1,1)</b> <b>ARIMA (5,1,1)</b> <b>ARIMA (2,1,3)</b>	Fluctuante (±) Creciente (+) Fluctuante (±) Creciente (+)
Teorías: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Educativas</li> <li>○ Psicológicas</li> </ul>	Lineal Lineal	<b>ARIMA (3,1,1)</b> <b>ARIMA (2,1,4)</b>	Fluctuante (±) Creciente (+)
Enunciado problema	Lineal	<b>ARIMA (2,1,1)</b>	Creciente (+)
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Generales</li> <li>○ Específicos</li> </ul>	Lineal Aleatorio simple exponencial	<b>ARIMA (2,1,4)</b> <b>ARIMA (1,1,1)</b>	Creciente (+) Creciente (+)
Hipótesis: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sí enuncia</li> <li>○ No enuncia</li> </ul>	Lineal Lineal	<b>ARIMA (2,1,2)</b> <b>ARIMA (1,1,4)</b>	Creciente (+) Creciente (+)
Metodologías: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cuantitativa</li> <li>○ Cualitativa</li> <li>○ Mixta</li> </ul>	Lineal Lineal <b>Lineal</b>	<b>ARIMA (1,1,1)</b> <b>ARIMA (1,1,2)</b> ARIMA (3,1,2)	Creciente (+) Fluctuante (±) Creciente (+)
Instrumentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De encuesta</li> <li>○ De observación</li> </ul>	Al. simple exponencial Al. simple exponencial	<b>ARIMA (4,1,3)</b> <b>ARIMA (2,1,3)</b>	Fluctuante (±) Decreciente (-)

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estandarizado</li> <li>○ No estandarizado</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Al. simple exponencial</p>	<p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p> <p><b>ARIMA (1,1,4)</b></p>	<p>Fluctuante (±)</p> <p>Fluctuante (±)</p>
<p>Validez:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sí utiliza</li> <li>○ No utiliza</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Lineal</p>	<p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p> <p><b>ARIMA (2,1,2)</b></p>	<p>Creciente (+)</p> <p>Creciente (+)</p>
<p>Fiabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sí utiliza</li> <li>○ No utiliza</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Lineal</p>	<p><b>ARIMA (2,1,1)</b></p> <p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p>	<p>Creciente (+)</p> <p>Creciente (+)</p>
<p>Unidad de análisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Alumnos</li> <li>○ Profesores</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Al. simple exponencial</p>	<p><b>ARIMA (2,2,2)</b></p> <p><b>ARIMA (3,1,3)</b></p>	<p>Fluctuante (±)</p> <p>Fluctuante (±)</p>
<p>Nivel educativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Elemental</li> <li>○ Secundaria</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Lineal</p>	<p><b>ARIMA (3,1,4)</b></p> <p><b>ARIMA (1,1,2)</b></p>	<p>Fluctuante (±)</p> <p>Fluctuante (±)</p>
<p>Técnica muestreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ No aleatorio</li> <li>○ No lo indica</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Lineal</p>	<p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p> <p><b>ARIMA (1,1,1)</b></p>	<p>Creciente (+)</p> <p>Creciente (+)</p>
<p>Tamaño de la muestra</p>	<p><b>Media móvil</b></p> <p><b>5 términos</b></p>	<p>ARIMA (1,1,2)</p>	<p>Constante (=)</p>
<p>Diseño investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ General</li> <li>○ Específico</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Lineal</p>	<p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p> <p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p>	<p>Fluctuante (±)</p> <p>Creciente (+)</p>
<p>Temporalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Longitudinal</li> <li>○ Transversal</li> <li>○ No lo indica</li> </ul>	<p>Lineal</p> <p>Lineal</p> <p>Al. simple exponencial</p>	<p><b>ARIMA (4,1,1)</b></p> <p><b>ARIMA (2,1,3)</b></p> <p><b>ARIMA (2,1,1)</b></p>	<p>Fluctuante (±)</p> <p>Fluctuante (±)</p> <p>Creciente (+)</p>

<b>Estadísticos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descriptivos</li> <li>○ Inferenciales</li> <li>○ Correlacionales</li> </ul>	Lineal Lineal Al. simple exponencial	<b>ARIMA (2,1,2)</b> <b>ARIMA (2,1,3)</b> <b>ARIMA (1,1,1)</b>	Fluctuante ( $\pm$ ) Fluctuante ( $\pm$ ) Fluctuante ( $\pm$ )
<b>Análisis cualitativo</b>	Lineal	<b>ARIMA (2,1,2)</b>	Creciente (+)
<b>Triangulación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sí utiliza</li> <li>○ No utiliza</li> </ul>	Lineal Lineal	<b>ARIMA (2,1,3)</b> <b>ARIMA (1,1,2)</b>	Creciente (+) Fluctuante ( $\pm$ )
<b>Hallazgos:</b>	Lineal	<b>ARIMA (1,1,3)</b>	Creciente (+)
<b>Cuestiones abiertas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sí enuncia</li> <li>○ No enuncia</li> </ul>	Lineal Lineal	<b>ARIMA (2,1,2)</b> <b>ARIMA (1,1,1)</b>	Fluctuante ( $\pm$ ) Creciente (+)
<b>Implicaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prácticas</li> <li>○ Teóricas</li> </ul>	Lineal Al. simple exponencial	<b>ARIMA (2,1,3)</b> <b>ARIMA (2,1,2)</b>	Creciente (+) Fluctuante ( $\pm$ )

*Negrita: Modelo de mayor ajuste*

## 9.2. Conclusiones generales de este estudio.

### 9.2.1. Conclusiones generales de las variables cuantitativas.

En cuanto a las variables cuantitativas, los hallazgos más relevantes han sido:

- La producción diacrónica de tesis doctorales de Educación Matemática ha vivido a lo largo del periodo analizado, diferentes etapas de crecimiento-productividad. Un leve crecimiento lineal parece que continuará en los próximos 7 años siguientes, según los valores prospectivos obtenidos. Tal patrón de crecimiento no sigue el modelo clásico de desarrollo de la ciencia propuesto por Price (tres fases: Leve crecimiento-desarrollo exponencial-estabilización logística); dando, por tanto, la visión de un campo que aún se encuentra en un periodo de fertilidad académica.

- En el periodo considerado (1975-2002) la autoría de tesis doctorales, tanto de hombres como de mujeres, ha ido en aumento. Un crecimiento que seguirá a la alza, para ambos, durante los próximos 7 años; aunque aquellos lo harán a una tasa levemente mayor.

Otro de los hallazgos afines obtenidos es la no detección de sesgo alguno que prime una mayor producción de hombres (doctorandos) frente a mujeres (doctorandas). Siendo éste un hallazgo que contrasta con la evidencia en un contexto cual es la investigación norteamericana. En concreto, Herzig (2004) ha encontrado que el número de mujeres que completaban sus tesis doctorales en matemáticas era ostensiblemente menor que el número de hombres.

- En el caso de la dirección de este tipo de trabajos, los patrones encontrados, para esta variable, son muy distintos a los de la variable anterior. En relación a la dirección de tesis doctorales, hombres y mujeres seguirán dirigiendo cada más este tipo de trabajos; pero aquellos lo harán a un ritmo notablemente mayor que éstas durante los próximos años; manifestándose las mismas diferencias de productividad que en los años 1975-2002. De este modo, es manifiesto el efecto Atenea o sesgo contra las mujeres, en

el sentido de que éstos dirigen más tesis que las mujeres. Este es un patrón típico en Educación Matemática superior como lo atestiguan los estudio de Chan (2003), *Nacional Science Foundation* (2000), Reskin, Koretz y Francis (1996), Sells (1973) y Ware, Steckler y Leserman (1995).

- En relación a la productividad científica de los directores, el gran hallazgo es la confirmación de la ley cuadrática inversa de Lotka; destacando la existencia de dos grandes directores, con más de 10 tesis doctorales dirigidas: D. Luis Rico Romero y Dña. Carmen Batanero Bernabeu, ambos pertenecientes al departamento de didáctica de la matemática de la Universidad de Granada. También es destacable la presencia del director D. Arturo de la Orden Hoz, como el director con la trayectoria más dilatada temporalmente en la dirección de tesis doctorales sobre Educación Matemática.

Otro de los hallazgos relevantes, relativo a esta variable, es la obtención de una guía de trabajo personal de los directores más productivos en este campo. Ésta nos permitirá conocer, de manera detallada, en qué momento de productividad directiva se encuentra cada uno de los directores adscritos a ella.

- La colaboración en la dirección de tesis doctorales es una práctica aislada en Educación Matemática, siendo las tesis, mayoritariamente, dirigidas por un único doctor a lo largo del periodo estudiado. Si bien cabe decir, que en los últimos años, se está produciendo un leve aumento de tesis doctorales que son dirigidas por dos directores.

- En el caso de la colaboración institucional se detecta, también, una escasa colaboración entre miembros pertenecientes a distintas universidades. Siendo ésta una práctica que no remite con el paso del tiempo, sino que se afianza aún más con el aumento de la productividad.

- Las universidades españolas con una mayor producción de tesis doctorales sobre Educación Matemática, a lo largo del periodo analizado, son la Universidad Complutense de Madrid, en la que se defiende la primera tesis doctoral en el año 1975; y la Universidad de Granada, cuyos comienzos en este campo de investigación se sitúan a finales de los años 80.

Ambas universidades, según los análisis realizados, muestran una tendencia de crecimiento en su producción de tesis doctorales de Educación Matemática; producción que podemos situar en torno a las tres tesis por año.

- La producción de este tipo de trabajos se ha desarrollado fundamentalmente desde departamentos de corte generalista y especialista. En especial, estos últimos han tenido una presencia mayoritaria a partir de los años 90, continuándose esta situación en un futuro próximo, según los valores prospectivos obtenidos que denotan un modelo de crecimiento exponencial (modelo clásico).

- Un aspecto importante para cualquier estudio de investigación bibliométrica es la variable de número de citas. En esta variable el hallazgo más importante es la impugnación, en esta área, de lo estimado por Garfield sobre el aumento progresivo del número de citas por cada año. En el análisis realizado al respecto, se ha obtenido un valor promedio de 200 citas, además de no obtenerse diferencias estadísticamente significativas a lo largo de los años de este estudio. Para los próximos 7 años, se pronostica una situación similar a la descrita hasta ahora; con alrededor de 210 citas por tesis para cada uno de los años.

- Con respecto al idioma de las referencias bibliográficas es destacable la primacía actual del inglés sobre los demás idiomas analizados. Los dos idiomas más utilizados han sido el inglés y español; concretamente, las referencias bibliográficas en español e inglés han sido de 79 y 108 (valores promedio anuales). Esta tendencia en la citación de ambos idiomas parece mantenerse para los próximos años; pronosticándose, según los modelos clásicos, una tendencia constante de 87 referencias en español y 107 en inglés.

Este hallazgo es concordante con la evidencia de no detectarse diferencias estadísticamente significativas en el número de citas emitidas según los diferentes idiomas, durante el periodo 1975-2002. Negándose, con evidencia empírica, el supuesto infundado del dominio acaparador del inglés para este ámbito de las ciencias sociales, cual es el campo de la Educación Matemática.

- En el caso de las revistas, existen diferencias extremas entre el inglés, idioma mayoritario, y el resto de los idiomas estudiados. Las tendencias de citación han sido relativamente constantes a lo largo del periodo 1975-2002, con unos valores de: 18 para revistas en español, 50 para revistas en inglés, 4 en francés y 2 en otras lenguas. Este hallazgo pone de manifiesto que la investigación que se consulta está en revistas escritas en lengua inglesa, y dado que la investigación en revistas suele ser más inmediata, más reciente, habrá que pensar que la bibliografía de investigación, la contenida en revistas, vendrá expresada en inglés.

Esta superioridad manifiesta y diacrónicamente constante de las revistas en inglés frente a las demás, hace que las revistas más referenciadas hayan sido: *Journal for Research in Mathematics Education* y *Educational Studies in Mathematics*, obviamente ambas en lengua inglesa.

El caso de los libros es diferente, pues es el español el idioma mayoritariamente utilizado; no existiendo tampoco, en esta ocasión, diferencias estadísticamente significativas con respecto al número de referencias a libros, según idiomas, a lo largo del periodo de tiempo analizado. Esta tendencia constante ha tenido como valores promedio: 59 citas de libros en español, 46 de libros en inglés, 7 de francés y 3 de los otros idiomas. En un futuro próximo, el pronóstico será seguir citando cada vez más libros, tanto en español como en inglés, pero con notables oscilaciones anuales.

Es pues evidente que las revistas y los libros tienen patrones de citación diferentes, en el campo de la Educación Matemática; los investigadores referencian más revistas de lengua inglesa (generalistas y especialistas) pero con los libros de texto referencian mayoritariamente los escritos en español.

- Tras contabilizar las fuentes de citación más utilizadas, se determina que los libros son las fuentes bibliográficas más referenciadas (115), en la realización de una tesis doctoral de Educación Matemática, frente a las revistas (73) y demás fuentes de citación o literatura gris (18). Esto permite concluir que la tesis doctoral se elabora con

una información de un alto nivel de consolidación (ciencia normal) dejando en un segundo plano, un conocimiento más actual.

Estas tasas de citación expuestas durante el periodo 1975-2002, tendrán un comportamiento venidero similar para los próximos siete años, con un valor regular constante por año de: 122 libros, 76 revistas y 23 productos de literatura gris.

- Otro de los hallazgos relativos a la Cienciometría es el ajuste encontrado de la antigüedad promedio de las citas (edad promedio de 12 años), similar a los valores establecidos por Burton y Kleber para las Ciencias Sociales y Humanas. Además se evidencia que entre tales valores de antigüedad promedio anual no existen diferencias estadísticamente significativas entre años; únicamente el año 1988 puede considerarse un *outlier* (isloote) con respecto al patrón establecido. El pronóstico, para los siguientes 7 años, expone que este valor asciende a 15,5 años de antigüedad de la literatura en las futuras tesis doctorales.

En relación a la variabilidad anual de las citas, el hallazgo es similar; encontrándose un patrón constante de variabilidad anual de 12 años por promedio, para el periodo 1975-2002. Este valor aumenta en torno a los 14 años, para el periodo 2003-2009, según los valores prospectivos obtenidos tras el ajuste al modelo ARIMA.

- El análisis de los autores más citados determina que Jean Piaget es, de forma significativa, el autor más citado a lo largo de 25 años; citándose éste en un total de 70 tesis doctorales. Con un periodo, algo menor, destacan autores como: Alan Schoenfeld y Thomas Carpenter. En general, podemos decir que los autores más citados y con una tendencia creciente han sido autores extranjeros frente a los nacionales.

- De un aspecto tan formal como es el número de páginas, en las que se desarrolla una tesis doctoral, se infiere que tal número ha sido siempre superior a 300; concretamente el valor medio obtenido ha sido de 369 páginas. Una cierta constancia se observa a lo largo del periodo indagado, aunque según los valores prospectivos obtenidos, ésta se mantendrá e incluso, aumentará su valor hasta 490 páginas, durante el periodo 2003-2009.

- Sobre el asunto de la financiación podemos concluir que ésta es realmente escasa, no produciéndose un aumento de ella con el paso del tiempo. La primera tesis doctoral financiada se defendió en el año 1977, y fue leída en la Universidad Complutense de Madrid. De este modo, podemos inferir que las tesis doctorales de Educación Matemática, a pesar de ser investigaciones de gran envergadura, no reciben demasiadas financiaciones por parte de las administraciones públicas.

#### 9.2.2. Conclusiones generales de las variables conceptuales.

Los hallazgos más relevantes generados tras el análisis de los datos conceptuales han sido:

- A partir del análisis de las variables conceptuales generales se ha obtenido un mapa conceptual de la investigación en Educación Matemática, dándonos información sobre qué tópicos mayoritariamente han sido estudiados, y cuales podrían ser los nuevos campos temáticos a indagar.

Otra conclusión importante es el hallazgo de un “corpus conceptual y de investigación” conformado por las temáticas de: Política educativa (B), Psicología de la Educación Matemática (C), Educación e instrucción en Matemáticas (D), Aritmética (F), Geometría (G) y Materiales educativos (U). Estas variables conceptuales constituyen la esencia de la investigación en Educación Matemática y conforman ese dominio de investigación monoestructural tan intensamente buscado.

- La variable conceptual de Política educativa y sistema educativo es una de las variables más investigadas, manifestando un crecimiento notable a partir de los años 90. Tal crecimiento parece continuar, aunque con algunas fluctuaciones anuales, tal y como determina el análisis prospectivo realizado.

- En relación al tópico de Psicología de la Educación Matemática, los sub-tópicos más indagados han sido: el de procesos cognitivos y teorías sobre el aprendizaje; siendo éstos los principales frentes de investigación en Educación Matemática, desde una perspectiva psicológica. Los pronósticos de esta variable

conceptual no prevén grandes cambios en el ámbito de la investigación de la Psicología de la Educación Matemática.

- Otro de los tópicos más analizados es el de Educación e instrucción matemática; presentando éste una amplia variedad de sub-tópicos, cuales son: Objetivos de la enseñanza de las matemáticas, métodos de enseñanza y técnicas de clase, investigación y resolución de problemas, evaluación del alumno y diagnósticos, análisis y recuperación de las dificultades de aprendizaje. Para el periodo 2003-2009, la tendencia en torno a esta variable, es que se produzca un crecimiento continuo de tesis doctorales en torno a este tópico general de Educación e Instrucción matemática, similar al de Psicología de la Educación.

Finalmente constatar que entre los tópicos Psicología de la Educación y Educación e Instrucción matemática existe una alta correlación positiva; o dicho de otro modo, los autores de las tesis doctorales en Educación Matemática tienden a relacionar elementos psicológicos que intervienen en el conocimiento, comprensión y análisis de procesos con aspectos de su propia enseñanza.

- De manera general, las demás variables conceptuales analizadas, han sido indagadas en un número muy inferior que los tópicos anteriores de Psicología y Educación. Tanto la Geometría, como la Aritmética o los Materiales educativos y multimedia, han tenido una escasa indagación en la Educación Matemática española durante el periodo de tiempo analizado.

Únicamente sería destacable el gran avance producido en torno a esta última variable, es decir, la explosión en el análisis y estudio de la incorporación de las nuevas tecnologías en el campo de la Educación, el cual podría ser considerado un auténtico “frente caliente”, que ha provocado, incluso, la incorporación de una nueva variable en el ZDM (variable R). Este hallazgo es contrario al obtenido en el estudio de Vallejo (2002), relativo a los años 1976-1998; donde los estudios sobre libros de texto superaban a los estudios centrados en las nuevas tecnologías.

Este interés por el estudio de las nuevas tecnologías es trasladable para el periodo 2003-2009, donde se infiere un crecimiento exponencial y continuo en el tiempo.

### 9.2.3. Conclusiones generales de las variables metodológicas.

Del análisis longitudinal de las variables metodológicas podemos concluir que:

- Los enfoques paradigmáticos en la Educación Matemática española, a nivel de tesis doctorales, ha seguido una tendencia bien distinta: un lento e irregular crecimiento del paradigma nomotético; la emergencia explosiva del paradigma interpretativo, dominante en los últimos años; la emergencia, a principios de los 90, de un enfoque complementarista producto de la fertilización cruzada de los paradigmas nomotético e interpretativo, en el sentido de Carreher (1989); Johnson y Onwuegbuzie (2004); Sale, Lohfeld y Brazil (2002) y Salomón (1991) y el escaso volumen de estudios, desde el enfoque crítico. Este hecho constata que la manifiesta guerra de paradigmas, enunciada por Kuhn, también acontece en el campo de la Educación Matemática.

Los paradigmas interpretativo y complementarista seguirán con una tendencia de crecimiento constante; mientras que el paradigma nomotético se mantendrá con una producción de 4 tesis doctorales anuales como valor promedio. La investigación crítica, en Educación Matemática, seguirá teniendo una escasa influencia.

- El estudio de las teorías, desde y para las que se realizan las tesis doctorales de Educación Matemática, vuelven a ratificar la influencia de la Psicología en la realización de las mismas, a través de teorías como el Conductismo, Gestalt, Ciencia cognitiva y Constructivismo, fundamentalmente. Igualmente es destacable la importancia mantenida de teorías de corte educativo (Fenomenología didáctica, Desarrollo del profesor y del currículum, Situaciones didácticas, etc.) a lo largo del tiempo analizado (1975-2009).

- El enunciado del problema a investigar es una preocupación constante por parte de los investigadores; siendo éste enunciado mayoritariamente a lo largo del tiempo. Esta práctica será continuada durante los años 2003-2009; pronosticándose un aumento proporcional al aumento de la producción general de tesis doctorales.

- Con respecto a la formulación de objetivos, la conclusión principal es que, por lo general, se enuncian más objetivos generales dando un carácter más abierto y especulativo a la propia investigación que objetivos específicos. De este modo, el enunciado de objetivos generales manifiesta una tendencia creciente, paralela al crecimiento de la producción, en discordancia con la escasa consideración de los objetivos específicos, cuya tasa se hace particularmente notoria sólo a partir de la década de los 90.

Las diferencias cuantitativas entre los enunciados de objetivos generales y específicos, se mantendrán en un futuro próximo, según los valores prospectivos obtenidos.

- El enunciado de las hipótesis fue una opción predominante hasta los últimos años del estudio (2000 en adelante). Es a mediados de los años 90 cuando comienza un declive del enunciado de hipótesis, en contraposición con el progresivo crecimiento de estudios que no enuncian hipótesis alguna. Esta situación parece mantenerse para el periodo 2003-2009; poniendo de manifiesto la presencia de los diferentes paradigmas dentro de este campo de investigación, aunque con una menor adscripción al nomotético.

- La característica principal en relación a las metodologías de investigación es el uso diversificado que se hace de las mismas; apostando por una visión de pluralidad metodológica, a lo largo del periodo de estudio. Específicamente, la metodología cuantitativa ha seguido una tendencia lineal de crecimiento muy leve frente a la cualitativa con un crecimiento más acentuado a partir de los 90.

Para el periodo 2003-2009, el uso de la metodología cuantitativa permanecerá casi constante, aunque con un ligero incremento; sin embargo, la metodología cualitativa, por el contrario, seguirá creciendo aunque de manera irregular. En el caso de la metodología mixta, los pronósticos determinan una tendencia creciente y constante; por lo que tal vez, a largo plazo, sea presumible que ésta sea la metodología dominante.

- El tipo de instrumento más utilizado, en el periodo 1975-2002, fue el cuestionario de encuesta; configurándose éste como un instrumento polivalente que sirve tanto para las metodologías cualitativas como cuantitativas. Este hallazgo está en consonancia con la evidencia aportada por los estudios de cuantitativos de Fernández Cano y Bueno (1998, 1999) y Kvale (1989).

- Respeto a la validez de los instrumentos de medida, el hallazgo a subrayar es una tendencia creciente a verificarla; centrándose, fundamentalmente, dicha validación en pruebas piloto y consenso de expertos. Para los próximos 7 años, la tendencia, por una preocupación por validez, sigue siendo creciente; aunque también seguirá creciendo la no validación de los instrumentos de medidas, pero con una tasa menor.

- El caso de la fiabilidad es totalmente contrario, estableciéndose una escasa inquietud en explicitar la fiabilidad de dichos instrumentos. Tal despreocupación se acentúa aún más a principios de los años 90; y continuará en aumento en el periodo 2003-2009. Siendo éste un hallazgo altamente preocupante.

- La unidad de análisis por antonomasia, a lo largo del periodo 1975-2002, fue el alumno/a; manifestándose, por parte de los investigadores en Educación Matemática, un interés desbordado por el alumno/a, en detrimento de los demás agentes que intervienen en el proceso educativo. Esta misma tendencia es la que se aprecia para los próximos años, aunque con notables oscilaciones anuales.

- Si hacemos referencia al nivel educativo, se concluye que los niveles más estudiados han sido aquellos que podemos denominar como obligatorios, es decir, Elemental y Secundaria; tal vez debido a que en estos ciclos es donde se alberga la

mayor cantidad de casuísticas en torno a la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Esto no debiera ser óbice, para abrir nuevos frentes de investigación.

Estos dos niveles educativos presentan, para el periodo 2003-2009, un comportamiento distinto: En el caso de la Educación Elemental se muestra un patrón de continuas fluctuaciones; mientras que en Secundaria la tendencia es de gran estabilidad, con un lento crecimiento.

- Uno de los hallazgos más importantes obtenidos respecto a las técnicas de muestreo es la escasa mención que se hace de ellas, a lo largo del periodo de estudio. La no delimitación de la técnica de muestreo utilizada es una práctica que ha ido en aumento con el paso de los años, y que continuará en crecimiento para el periodo 2003-2009.

A pesar de ello, decir que las técnicas más utilizadas fueron las técnicas muestrales no aleatorias (disponibilidad, conveniencia, casual, etc.) que muestran un crecimiento continuo a lo largo de todo el periodo de análisis (1975-2009). Este hallazgo es coherente con los obtenidos con anterioridad, respecto a la predominancia del paradigma interpretativo.

- Los análisis realizados en torno al tamaño muestral determinan que no han existido diferencias estadísticamente significativas en torno a esta variable, durante el periodo 1975-2002. Únicamente el año 1979 puede considerarse como un islote (*outlier*) de este patrón. El valor muestral ha sido un tamaño regular que oscila alrededor de las 500 unidades muestrales.

La tendencia pronosticada para el periodo 2003-2009, es que se produzca un descenso en el número muestral. Esta situación puede ser debida a tres razones:

1. El descenso o regresión del paradigma nomotético.
2. Los paradigmas interpretativo y complementarista continúan en un crecimiento progresivo, y con ellos la tendencia a usar muestras cada vez más reducidas, con un aumento de los estudios de caso.

3. Por último, una tercera razón presumible pero de la que no tenemos evidencia contundente, es la dificultad confesada informalmente de los investigadores para acceder a grupos amplios, ya que parece existir un extraño posicionamiento en dificultar su acceso a escenarios educativos.

- En relación a la denominación de los diseños, ha quedado constatado que los investigadores de Educación Matemática explicitan de manera general el tipo de diseño que utilizan; siendo ésta una práctica trasladable al periodo 2003-2009. De los diseños generales más utilizados destacan, por este orden: diseños descriptivos, estudios de caso y los diseños pro-experimentales.

- En el caso de la temporalidad de la investigación, los investigadores no determinan la duración/temporalidad de sus investigaciones. Entre aquellos que sí lo hicieron, destacan los estudios longitudinales como los más utilizados a partir de los años 90. La tendencia pronosticada para el periodo 2003-2009, según modelo ARIMA, confirma la desconsideración en el enunciado de la temporalidad de la investigación por parte de los investigadores, con grandes diferencias entre aquellos que sí lo hicieron.

- Como hallazgo general del tipo de estadísticos utilizados podemos concluir que el uso de estadísticos es una práctica que va en aumento dentro de la investigación educativa. Especialmente es destacable la fuerte presencia de los estadísticos descriptivos que son utilizados de manera ambivalente, tanto en investigaciones de corte cuantitativo como cualitativo.

Por otro lado, la utilización de técnicas correlacionales y multivariadas y estadísticos inferenciales denotan una tendencia creciente, aunque con fluctuaciones anuales, que continuarán durante el periodo 2003-2009.

- Con respecto al uso de técnicas de análisis cualitativo cabe mencionar que comenzaron a tener una presencia significativa, para el ámbito de la Educación Matemática, a partir de los 90. Dicha relevancia se ve reflejada en un crecimiento muy superior a cualquier otro tipo de técnicas estadísticas; convirtiéndose así, en una técnica de análisis de datos en desarrollo y con vías de crecimiento, según los valores

prospectivos obtenidos. Además, inferimos que este tipo de técnicas se están convirtiendo en una alternativa complementaria de técnicas más cuantitativas, fundamentalmente a los estadísticos descriptivos.

- El uso de las técnicas de triangulación, en cualquiera de sus modalidades, no es muy utilizada dentro de la investigación en Educación Matemática; mostrando un crecimiento leve y pausado a lo largo de todo el periodo de análisis.

La tendencia para el periodo 2003-2009 es que seguirá existiendo esa ausencia de las técnicas de triangulación; produciéndose entonces una incoherencia teórico-procedimental entre este hallazgo (ausencia de triangulación) y la predominancia de los paradigmas interpretativo y complementarista.

- En relación al enunciado de hallazgos, se pone de manifiesto que éste fue una práctica mayoritaria en las investigaciones de este ámbito; únicamente dos tesis doctorales no han enunciado explícitamente los hallazgos finales obtenidos. Un hecho similar ocurre con las cuestiones abiertas, siendo éstas mayoritariamente formuladas y reflejándose, para el periodo 2003-2009, un continuo crecimiento.

- En cuanto a las finalidades de investigaciones analizadas, prevalece una orientación práctica de ellas. Como tendencia general, las implicaciones prácticas han tenido una mayor presencia que las teóricas, a lo largo de todo el periodo de estudio. No obstante, es destacable una tendencia emergente a la complementariedad de ambos tipos de investigaciones, o dicho de otro modo, las investigaciones más actuales tienden a complementar el carácter aplicado de la investigación educativa, con el desarrollo de nuevos conocimientos y/o modificación de teorías que repercuten de algún modo en la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Como conclusión final no sería osado exponer que a nivel metodológico las tesis doctorales han adolecido y adolecerán, sino se adoptan determinaciones pertinentes, de una progresiva y manifiesta endebles metodológica. Ni la evidencia sobre el pasado ni los pronósticos futuros permiten inferir una visión más optimista sobre la consistencia metodológica de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática.

Pasamos a continuación a exponer una visión sucinta de los hallazgos, diferenciando entre la evidencia relativa al pasado observado y la futura panorámica inferida:

#### 9.2.4. Tabla/Resumen de los hallazgos diacrónico-cienciométricos.

Tabla 114. Principales hallazgos diacrónico-cienciométricos

<b>VARIABLES</b>	<b>VISIÓN DEL PASADO</b>	<b>PRONÓSTICO FUTURO</b>
<b>Producción general</b>	Patrón de crecimiento lineal.	CreCIMIENTO CONTINUADO de la producción de tesis.
<b>Género autores</b>	Producción paritaria según género.	Leve sesgo que favorece a hombres.
<b>Producción directores</b>	Existencia de dos grandes productores-directores.	
<b>Género directores</b>	Ostensibles diferencias en la dirección según género, que favorece al hombre.	Importante sesgo en la dirección a favor de los hombres.
<b>Colaboración entre directores</b>	Escasa colaboración.	Esta práctica de no colaboración seguirá incrementándose.
<b>Productividad institucional</b>	La UCM y UGR, universidades más productivas, con distintos índices de crecimiento.	Niveles de crecimiento similares en sendas instituciones.
<b>Colaboración institucional</b>	Escasa colaboración.	Esta práctica de no colaboración seguirá incrementándose.
<b>Centros de realización</b>	Generalistas y especialistas son los centros más productivos.	Aumento de la producción de los especialistas frente a los generalistas.
<b>Número de citas</b>	Patrón constante en el número de citas anuales.	El número de citas se mantendrá en un valor promedio de 210 referencias bibliográficas por tesis.

<b>Idioma de las citas</b>	Los idiomas mayoritarios de citación fueron el español e inglés.	Incremento del uso del inglés respecto a los otros idiomas.
<b>Idioma de las revistas</b>	Predominancia del inglés frente al resto de idiomas.	Situación similar al pasado. Mantenimiento del predominio del inglés.
<b>Revistas más citadas</b>	El <i>Journal for Research in Mathematics Education</i> es la revista más citada. Las revistas externas especializadas (R.E.E) son las más citadas.	Predominancia de las revistas externas frente a las propias. Las R.E.E seguirán siendo las más referenciadas.
<b>Idioma de los libros</b>	Predominancia del español frente al resto de idiomas.	Situación similar al pasado, pero con un notable aumento de los libros en inglés.
<b>Fuentes de citación</b>	Los libros son las fuentes mayoritariamente utilizadas.	Los libros seguirán siendo mayoritarios, con un incremento del uso de otras fuentes.
<b>Antigüedad media de las citas</b>	La antigüedad media de las citas es de 12 años.	Leve incremento de la antigüedad promedio (15 años).
<b>Variabilidad anual de las citas</b>	Variabilidad de casi 12 años.	Aumenta la variabilidad promedio hasta los 14 años.
<b>Autores más citados</b>	Se citan más autores extranjeros que nacionales. Jean Piaget se convierte en el autor más citado.	
<b>Idioma de la tesis</b>	Las tesis doctorales se escriben en castellano.	Situación similar al pasado.
<b>Número de páginas</b>	El número de páginas no ha tenido cambios estadísticamente significativos (Media= 369 páginas).	Aumento paulatino en el número de páginas.
<b>Financiación</b>	Financiación muy escasa.	Seguirá la escasa financiación de las tesis doctorales.

## 9.2.5. Tabla/Resumen de los hallazgos diacrónico-conceptuales.

Tabla 115. Principales hallazgos diacrónico-conceptuales

<b>VARIABLES</b>	<b>VISIÓN DEL PASADO</b>	<b>PRONÓSTICO FUTURO</b>
<b>Categorías generales</b>	Los tópicos de Psicología (C) y Educación (D) son los más investigados.	Estos dos tópicos seguirán siendo los más investigados.
<b>Política educativa</b>	Los tópicos de Formación del profesoral y guías curriculares, los más investigados.	Aumento de las investigaciones sobre este tópico general.
<b>Psicología educativa</b>	Fuerte presencia de estudios sobre psicología educativa: procesos cognitivos y de enseñanza y aprendizaje.	Situación similar a la establecida en el pasado, continuando la fuerte presencia de la Psicología
<b>Educación matemática</b>	Variable más analizada: Objetivos de la enseñanza de la matemática, métodos de enseñanza, etc.	Aumento en el crecimiento de investigaciones sobre esta variable.
<b>Aritmética</b>	Diferentes momentos de interés por este tópico	Situación similar a la descrita en el pasado
<b>Geometría</b>	Diferentes momentos de interés. A partir de los 90 éste se hace continuo	Continuidad en el estudio de la geometría, aunque de manera minoritaria
<b>Materiales educativos</b>	En los últimos años un creciente interés por las nuevas tecnologías.	Crecimiento exponencial de tesis relativas a la introducción de las nuevas tecnologías.

9.2.6. Tabla/Resumen de los hallazgos diacrónico-metodológicos.

Tabla 116. Principales hallazgos diacrónico-metodológicos

<b>VARIABLES</b>	<b>VISIÓN DEL PASADO</b>	<b>PRONÓSTICO FUTURO</b>
<b>Paradigma metodológico</b>	Iniciación metódica, con avances del interpretativo. Emergencia del complementarista.	Predominio del interpretativo.
<b>Teorías fundamentales</b>	Predominio de teorías psicológicas sobre educativas.	Presencia de múltiples bases teóricas, aunque auge del constructivismo.
<b>Enunciado del problema</b>	Enunciado mayoritario.	Se guiará renunciándose mayoritariamente.
<b>Objetivos generales y específicos</b>	Predominio de planteamiento de objetivos generales sobre específicos.	Se guiarán planteándose con el mismo patrón que en el pasado.
<b>Hipótesis</b>	Lenta caída en la preocupación por el planteamiento de hipótesis.	Se guiará realizándose el planteamiento de hipótesis.
<b>Metodología</b>	Perviviencia de tres tipos básicos de metodología.	Predominancia de la metodología cualitativa y mixta sobre la cuantitativa.
<b>Instrumentos</b>	Perviviencia de un diverso y rico repertorio de instrumentos, con predominio del cuestionario de encuesta.	El cuestionario de encuesta se guiará siendo el instrumento más utilizado.
<b>Validez</b>	Baja preocupación por la validez.	Alza en la preocupación por la validez.
<b>Fiabilidad</b>	Escasa preocupación por la fiabilidad.	Muy escasa preocupación por la fiabilidad.
<b>Unidad de análisis</b>	El alumno se conforma como la unidad básica de análisis.	El alumno se guiará siendo la unidad básica de análisis.

<b>Nivel educativo</b>	La enseñanza escolar obligatorio (Primaria y ESO) son los niveles más considerados.	Primaria y ESO seguirán siendo los niveles más indagados. Aflorarán más estudios centrados en la Unversidad.
<b>Muestreo</b>	Escasa preocupación por el muestreo. Predominio del muestreo no aleatorio.	Se mantendrá un bajo interés por el muestreo. Las muestras censales se seguirán siendo no aleatorias.
<b>Tamaño muestral</b>	La muestra anual promedio se mantendrá alrededor de 375 unidades.	Bajará el tamaño muestral promedio anual. Se utilizarán muestras de alrededor de 150 unidades.
<b>Diseño</b>	Los diseños se han enunciado de modo general, sin apelar a tipologías específicas.	Aunque predomina el enunciado general del diseño, se dará una mayor preocupación por enunciar diseños específicos.
<b>Temporalidad</b>	Escasa preocupación por el carácter temporal de estudios, aunque predominan diseños longitudinales sobre transversales.	Persistirá esa escasa preocupación por la temporalidad. Predominancia de estudios longitudinales sobre los transversales.
<b>Estadísticos descriptivos</b>	Preponderantemente utilizados; sobre todo frecuencias, medias y porcentajes.	Se seguirán utilizando de manera arbitraria.

<b>Estadísticos inferenciales</b>	Uso reducido de los bivariantes, y muy escasos de los multivariantes.	Se seguirán utilizando, sobre todo los bivariantes.
<b>Estadísticos correlacionales y multivariantes</b>	Uso bajo, tanto bivariantes como multivariantes.	Cierto incremento en su uso.
<b>Análisis cualitativo</b>	Abundantemente utilizado, a partir de principios de los 90.	Se seguirán utilizando con una tasa incremental.
<b>Triangulación</b>	Casi nula preocupación por cuestiones de triangulación.	Preocupante despreocupación por asuntos de triangulación.
<b>Hallazgos</b>	Ampliamente enunciados.	Se seguirán enunciando en la inmensa mayoría de las tesis.
<b>Cuestiones abiertas</b>	Se han venido enunciando.	Se seguirán enunciando.
<b>Implicaciones</b>	Escasos impactos sobre la teoría y mayor sobre la práctica.	Se seguirá constante y escasos impactos sobre la teoría, aumentando más la preocupación por el impacto sobre la práctica.

### **9.3. Alcance de los objetivos.**

Los hallazgos obtenidos en relación a los objetivos, generales y específicos, planteados para el desarrollo de esta investigación, nos llevan a plantear que el objetivo central de la misma ha sido desarrollado y conseguido en su totalidad. Analizándose diacrónicamente la mayor parte de las tesis doctorales de Educación Matemáticas leídas durante el periodo 1975-2002. Únicamente no fueron analizadas 7 de estas tesis doctorales, pertenecientes a la muestra objeto de estudio; por lo que la población, respecto a la analizada en el estudio de Torralbo (2001), aumenta en más de 100 tesis doctorales (241 muestra analizada + 7 mortalidad = 248 población).

Por otro lado, se ha realizado satisfactoriamente los distintos análisis temporales, de ajuste y pronóstico, a todas las variables presentadas; esbozando las posibles futuras tendencias de cada una de dichas variables. Todo ello, con las dificultades teórico-prácticas que presentaba dicho análisis, y que ya han sido puestas de manifiesto a lo largo de dicha investigación. En general, el crecimiento de la producción en tesis doctorales españolas en Educación Matemática y, en las múltiples variables consideradas, siguen patrones de crecimiento lineal antes que exponencial y menos logístico.

### **9.4. Verificación de hipótesis.**

En relación a la hipótesis general con la que iniciamos esta investigación, se ha puesto en evidencia que la investigación realizada en el área de la Educación Matemática se ajusta a ciertos indicadores y leyes cuantitativas comúnmente aceptadas. Produciéndose una verificación de la ley de la productividad de autores de Lotka, y la no conformación, hasta el momento, de la ley de crecimiento de la información científica de Price. Tal verificación de la ley de Price está asociada a una amplia e ingente producción y a un intervalo temporal, también amplio. Así conjeturamos que si se considerase toda la producción investigada de tesis en Ciencias de la Educación, contenida en TESEO, el ajuste a esta ley sería factible.

### 9.5. Cuestiones abiertas y recomendaciones.

Además de las cuestiones desarrolladas a lo largo de esta investigación, quedan algunas otras que constituyen futuras líneas de trabajo a seguir investigando:

- La comprobación de los resultados prospectivos obtenidos en las distintas variables, por los modelos ARIMA tras un intervalo temporal suficiente (7 años).
- Seguir la actualización de la bases de datos de las tesis doctorales españolas de Educación Matemática en el futuro; permitiendo, entonces, determinar nuevas inferencias prospectivas respecto a las tendencias ya descritas, en las distintas variables analizadas.
- Trasponer este modelo de análisis longitudinal a otras disciplinas y ciencias del campo de la educación (i.e. educación lingüística, científica, social...).
- Replicar en el futuro este mismo estudio, con la misma metodología, pero disponiendo de una muestra más amplia en unidades y años; tal que se superen las limitaciones propias a este estudio dado su espectro temporal reducido.
- Mejorar la formación en metodologías de la investigación de los futuros doctorandos.

Otras cuestiones más específicas a indagar serían:

- Analizar las posibles causas que provocan esas diferencias de género en relación a la dirección de tesis doctorales en Educación Matemática.
- Seguir indagando en la estrecha relación existente entre los tópicos de Psicología y Educación e Instrucción Matemática.
- Revisar los tipos y posibilidades de diseños longitudinales utilizados en la investigación educativa española.
- Estudiar, siguiendo el método de indagación histórico, la tesis de Acisclo Fernández Vallín y Bustillo.
- Elaborar una agenda para la investigación en Educación Matemática, en base a los hallazgos sobre datos conceptuales aquí obtenidos.

## BIBLIOGRAFÍA

Automatic Forecasting Systems (AFS) (2002). *Outlier detection and Plus/minis-sigma charts*. Disponible en: <http://www.autobox.com/outlier.html>. Consultado: 14 de Septiembre 2004.

Aliaga, F. y Orellana, N. (1999). La utilización de las bases de datos ISI para la evaluación de la calidad de las publicaciones sobre investigación educativa en España: Argumentación para un debate. En *AIDIPE, IX Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa* (pp. 29-34). Málaga: Centro de ediciones de la Diputación Provincial de Málaga.

Alicarte, J. (1996). *Análisis bibliométrico de la producción española sobre historia de la medicina entre 1975 y 1991*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

Álvarez, N. (2001). *Econometría: Análisis de modelos econométricos de series temporales*. Madrid: Editorial AC.

Álvarez Rojo, V. y Hernández, J. (1997). El modelo de intervención por programas. Aportaciones para una revisión. *Revista de Investigación Educativa*, 2 (16), 79-123.

Amat, N. (1995). *Documentación científica y nuevas tecnologías de la información*. Madrid: Pirámide.

- Angulo, J. M., González-Manteiga, W., Febrero-Bande, M. y Alonso-Morales, F. J. (1998). Semi-Parametric statistical approaches for space-time process prediction. *Environmental and Ecological Statistics*, 5 (4), 297-316).
- Arnal, J., Latorre, A. y Rincón, D. (1994). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Labor.
- Artigue, M. (1999). The teaching and learning of mathematics at the university level: Crucial questions for contemporary research in education. *Notices of American Mathematics Society*, 46, 1377-1385.
- Baird, L. L. (1991). Publication productivity in doctoral research departments, interdisciplinary factors. *Research in Higher Education*, 32 (3), 303-318.
- Batanero, M. C., Godino, J., Steiner, H. G. y Welzelburger, E. (1992). The training of research in mathematics education. Results from a survey. *Educational Studies in Mathematics*, 26 (1), 95-102.
- Beile, P. M., Boote, D. N. y Killingsworth, E. K. (2003). Characteristics of educational doctoral dissertation references: An inter-institutional analysis of review of literature citations. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago.
- Bellavista, J., Guardiola, E., Méndez, A. y Bordons, M. (1991). Evaluación de la investigación social. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 56, 219-237.
- Bellavista, J., Guardiola, E., Méndez, A. y Bordons, M. (1997). *Evaluación de la investigación*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).
- Benedito, V. (1993). La investigación en los ICEs. Situación actual y perspectivas de futuro. *Revista de Investigación Educativa*, 2 (1), 99-143.

- 
- Bericat, E. (1998). *Integración de los métodos cuantitativo y cualitativo en la investigación social. Significado y medida*. Barcelona: Ariel.
- Bernal, J. D. (1959). The transmission of scientific information: A user's analysis. *International Conference on Scientific Information Proceedings* (vol. I, pp. 77-96). Washington, NAS-NRC.
- Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes (2004). *Tesis*. Disponible en: [http://cervantes.com/tesis/tesis\\_catalogo.shtml](http://cervantes.com/tesis/tesis_catalogo.shtml). Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Birkimer, J. y Brown, J. (1979). Back to basic: Percentage agreement measure are adequate, but there are easier ways. *Journal of Behaviour Analysis*, 12 (4), 535-543.
- Bishop, A. (1992). International perspectives on research in Mathematics Education. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. Nueva York: Macmillan.
- Bishop, A. (2001). International perspectives on doctoral studies in mathematics education. En R. Reys y J. Kilpatrick (Eds.), *One filed, many paths: U.S. doctoral programs in mathematics education*. Washington: American Mathematical Association.
- Blasco, P. y Benavent, J. A. (1993). La orientación educativa desde la perspectiva bibliométrica en la Revista de Psicología General y Aplicada. *Revista de Orientación Educativa y Vocacional*, 4 (6), 19-30.
- Blatchford, P., Goldstein, H., Martin, C. y Browne, W. (2002). A study of class size effects in English school reception year classes. *British Educational Research Journal*, 28 (2), 169-185.

- Boaler, J., William, D. y Brown, M. (2000). Students' experiences of abilities grouping-disaffection, polarisation and the construction of failure. *British Educational Research Journal*, 26 (5), 1141-1192.
- Box, G. E. P. y Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M. y Reinsel, G. (1994). *Time series analysis: Forecasting and control* (3ª edición). Englewood Cliff, NJ: Prantice Hall.
- Bradford, S. C. (1934). Source of information on specific subjects. *Engineering*, 137, 85-86.
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. Londres: Crosby Lockwood.
- Brookes, B. C. (1970). The growth, utility and obsolescence of scientific periodical literatures. *Journal documentation*, 26 (4), 283-294.
- Brophy, J. (1986). Teaching and learning mathematics: Where research should be going. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17 (5), 323-346.
- Brousseau, G. (1986). *Fondements et methods de la didactique des Mathématiques*. Tesis de Estado. Burdeos: Press de la Universite de Bordeaux.
- Brousseau, G. y Centeno, J. (1991). Role de la memorie didactique de l'enseignant. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 11 (2,3), 167-210.
- Brownell, W. A. (1930). The techniques of research employed in arithmetic. En G. M. Whipple (Ed.), *Reports of society's committee on arithmetic*. 29<sup>th</sup> Yearbook of the National Society for the Study of Education (pp. 415-433). Chicago: Chicago University Press.

- 
- Brownell, W. A. (1935). Psychological considerations in the learning and teaching of arithmetic. En W. D. Reeve (Ed.), *The teaching of arithmetic*. 10<sup>th</sup> Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics (pp.1-31). Nueva York: Columbia University Press-teacher College, Bureau of Publications.
- Bueno, A. (2002). *Evaluación de revistas científicas españolas del campo de la Educación: El caso de la revistas de investigación educativa "RIE" (1983-2000)*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Bueno, A. y Fernández Cano, A. (2003). Análisis cuantitativo de la productividad en la Revista de Investigación Educativa (1983-2000). *Revista de Investigación Educativa*, 21 (1), 507-532.
- Bueso, M. C., Quián, G. y Angulo, J. M. (1999). Stochastic complexity and model selection from incomplete data. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 76 (1-2), 273-284.
- Burton, R. E. y Kleber, R. W. (1960). The "half life" of some scientific and technical literatures. *American Documentation*, 11 (1), 18-22.
- Calatayud, R. y Sala E. (1992). 50 años de vida de la Revista Española de Pedagogía. Una aproximación bibliométrica. *Revista Española de Pedagogía*, 192, 271-288.
- Callon, M., Courtial, J. P. y Penan, H. (1995). *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: De la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Oviedo: TREA.
- Campbell, J. R. (1996). *NAEP 1994. Trends in Academia Progress*. Washington: NAEP.

- Campbell, J. R., Hombo, C. y Mazzeo, J. (2000). NAEP 1999. Trends in Academia Progress. Three decades of student performance. *Educational Statistics Quarterly*, 2 (4), 31-36.
- Carraher, T. N. (1989). The cross fertilization of research paradigm. *Cognition & Instruction*, 6, 319-323.
- Centre of Research Libraries (2004). *CRL Dissertations Database*. Disponible en: <http://dino.wiz.uni-kassel.de/dain/ddb/x685.html>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Chan, T. F. (2003). The mathematics doctorate: A time for change? *Notices of the American Mathematical Society*, 50, 896-902.
- CINDOC: Centro de Información y Documentación Científica (2004). *Redial. Tesis europeas sobre América Latina*. Disponible en: <http://pci204.cindoc.csic.es/cindoc/tesis.htm>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Cobb, P. (1988). The tension between theories of learning and instruction. *Educational Psychologist*, 23 (2), 87-103.
- Cohen, L. y Manion, L. (1990). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Colás, P., García Perez, R., Rebollo Catalán, M. A., De Pablo Pons, J., Elías Caraballo, M. M., Lorenzo Miralles, M. A., Padilla Carmona, M., González Ramírez, T. y Rodríguez Diéguez, A. (1995). Organización de la investigación en el área MIDE de las universidades españolas. *Revista de Investigación Educativa*, 25, 45-78.
- Cole, F. J. y Eales, N. B. (1917). The history of comparative anatomy. Part. 1. A satatistical nalysis of literature. *Science Progress*, 11, 578-596.

- 
- Conférence des Grandes Écoles (2004). *Thesa*. Disponible en: <http://thesa.inist.fr/eng/Accueil.htm>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Cooney, T. S., Grows, D. A. y Jones, D. (1988). An agenda for research on teaching Mathematics. En D. A. Grows y T. S. Cooney (Eds.), *Perspectives on research on effective Mathematics teaching*, (Vol. I) (pp. 253-262). Nueva York: Lawrence Erlbaum- NCTM.
- Cooper, H. M. y Hedges, L. V. (1994). *The handbook of research synthesis*. Nueva York: Ruselll Sage.
- Crane, D. (1972). *Invisible colleges: Diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: Chicago University Press.
- De Miguel, M. (1997). La evaluación de la actividad investigadora del profesorado en el ámbito de las Ciencias de la Educación. *Revista de Investigación Educativa*, 15 (1), 171-186.
- Del Pino, P. (1988). Análisis estadístico y sociométrico de la producción matemática española a través de la revista matemática hispanoamericana. *Boletín de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias*, 11 (21), 263-284.
- Dissertations.com (2004). *Dissertations*. Disponible en: <http://www.dissertation.com> . Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Donoghue, E. F. (2001). Mathematics education in the United States: Origins of the field and the development of early graduate programs. En R. Reys y J. Kilpatrick (Eds.), *One filed, many paths: U.S. doctoral programs in mathematics education*. Washington: American Mathematical Association.
- Dorban, M. y Vandevenne, A. F. (1992). Bibliometric analysis of bibliography behaviours in economic science. *Scientometrics*, 25 (1), 149-165.

- Echevarría, B. (1983). La investigación empírica de carácter educativa en las universidades españolas (1980-1983). *Revista de Investigación Educativa*, 2 (1), 144-204.
- Elkana, Y., Lederberg, J., Merton, R.K., Thackery, A. y Zuckerman, H. (Eds.) (1978). *Toward a metric of science. The advent of science indicators*. Nueva York: Wiley.
- Escribano, L. y Viladiú, C. (1996). Autoevaluación de las instituciones investigadoras: Una perspectiva metodológica. *Política Científica*, 46, 27-40.
- Escrinhuela, M. A. y Benavent, J. A. (1988). Estudio bibliométrico de la Revista de Ciencias de la Educación. *Revista de Ciencias de la Educación*, 135, 376-398.
- Escudero, T. (2003). Desde los tests hasta la investigación evaluativa actual. Un siglo, el XX, de intenso desarrollo de la evaluación en Educación. *RELIEVE: Revista electrónica de investigación y evaluación educativa*, 9 (1). Disponible en: [www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1_1.htm). Consultado: 28 de Abril 2004.
- Exposito, J. (2003). *La investigación sobre evaluación de programas educativos en España 1975-2000*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Fachinformations Zentrum Karlsruhe (2004). *ZDM. International reviews on mathematics Education subject classification scheme*. Disponible en: <http://www.fiz-karlsruhe.de/fiz/publications/zdm/zdmclass.pdf>. Consultado: 13 de Mayo 2002.
- Fehr, H. F. y Glaymann, M. (Eds.). (1972). *New trends in mathematics teaching* (Vol. 3). París: Unesco.
- Fernández Cano, A. (1995). *Métodos para evaluar la investigación en Psicopedagogía*. Madrid: Síntesis.

- 
- Fernández Cano, A. (1997). Evaluación de la investigación educativa española: Una revisión integrativa de realizaciones en 25 años. *Revista Española de Pedagogía*, 207, 279-301.
- Fernández Cano, A. (1999). Producción educativa en el Social Science Citation Index (1988-1997). *Revista Española de Pedagogía*, 219, 509-285.
- Fernández Cano, A. (2001). Valoración de la investigación educativa sobre la práctica docente. *Revista de Educación*, 324, 155-170.
- Fernández Cano, A. (2004). *Diseños longitudinales en investigación evaluativa*. Informe de docencia. Facultad de Educación: Universidad de Granada.
- Fernández Cano, A. y Bueno, A. (1998). Síntesis de estudios bibliométricos españoles en Educación. Una aproximación evaluativa. *Revista Española de Documentación Científica*, 21 (3), 269-285.
- Fernández Cano, A. y Bueno, A. (1999). Synthesizing scientometrics patterns in Spanish educational research. *Scientometrics*, 46 (2), 239-367.
- Fernández Cano, A. y Bueno, A. (2002). Multivariate evaluation of Spanish educational research journals. *Scientometrics*, 55 (1), 87-102.
- Fernández Cano, A., Lorite, J. y Machuca, M. (2000). Exploración cientimétrica de la producción española de Logopedia Educativa. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, XX (4), 197-203.
- Fernández Cano, A. y Expósito, J. (2001). Patrones de citación en la investigación española sobre evaluación de programas educativos (1975-2000). *Revista Española de Documentación Científica*, 24 (3), 289-305.

- Fernández Cano, A. y Rico, L. (1992). *Prensa y Educación Matemática*. Madrid: Síntesis.
- Fernández Cano, A., Torralbo, M. y Vallejo, M. (2004). Reconsidering the Price's model of scientific growth: An overview. *Scientometrics*, 61 (3), 301-321.
- Fernández Esquinas, M. (1999). *Recursos humanos y política científica de investigadores en el Plan Nacional de I + D*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Fernández Frial, M. J., Oliver, V. y Vázquez, M. (1992). *Disponibilidad de las publicaciones periódicas en matemáticas en España. Base de datos DOCUMAT*. Congreso y conferencia FID. XLVI, pp. 58-79.
- Ferreiro, L. (1993). *Bibliometría (Análisis bivariante)*. Madrid. EYPASA.
- Fiorentinni, D. (1993). Memoria e análise de pesquisa acadêmica em educação matemática no Brazil: O banco de teses do CEMPEM/FE-UNICAM. *Revista Zetetiké*, 1 (1), 55-76.
- Fraenkel, J. R. y Wallen, N. F. (1990). *How to design and evaluate research in education*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Gage, N. L. (1989). The paradigm wars and their aftermath: A "historical sketch of research on teaching since 1989. *Educational Research*, 18 (7), 4-10.
- Galante, R. y Sanchidrian, C. (1996). Evaluación de los trabajos de grado en Historia de la Educación desde una perspectiva bibliométrica. *Revista de Investigación Educativa*, 14 (1), 37-59.
- Garfield, E. (1983). *Citation indexing: Its theory and application in science, technology and humanities*. Filadelfia: ISI Press.

- 
- Generalitat de Catalunya. Comisión Interdepartamental de Recerca I Innovació Tecnològica (CIRIT) (1994). *Avaluació de la recerca en Humanitats i Ciències Socials*. Barcelona Generalitat de Catalunya.
- Generalitat de Catalunya. Departament d'Universitats (2004). *Tesis doctorals en Xarxa*. Disponible en <http://www.tdx.cbuc.es>. Consultado: 24 de Mayo 2004.
- Gibbons, M. (1986). Methods for evaluation of research. *Evaluation Higher Education*, 10 (2), 154-160.
- Glass, G. V., Willson, V. L. y Gottman, J. M. (1975). *Design and analysis of time-series experiments*. Boulder, CO: Colorado University Press.
- Gilford, D. M. (1978). *Doctorate recipients from United States Universities. Summary report 1977*. Washington: National Academy of Science.
- Gómez, I. y Bordons, M. (1996). Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica. *Política Científica*, 46, 21-26.
- González García, E. (1978). La investigación educativa en los ICES: los planes nacionales de la red. *Revista de Educación*, 258, 37-55.
- Granjel, M., Gutiérrez Rodilla, B. M. y Rodríguez Sánchez, J. A. (1994). *Guía Práctica para la elaboración de un trabajo científico*. Bilbao: CITA.
- Gross, P. L. K. y Gross, E. M. (1927). College libraries and chemical education. *Science*, 66, 385-389.
- Guba, E. G. y Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Gupta, B. M., Kumar, S, Sangam, S. L. y Karisidappa, C. R. (2002). Modeling the growth social science literatura. *Scientometrics*, 53 (1), 161-164.

- Hamilton, N. W. (2003). The ethics of peer review. *Liberal Education*, 89 (1), 42-49.
- Hart, K. y Hitt, F. (Eds.) (1999). *Dirección de tesis de doctorado en Educación Matemática. Una perspectiva internacional*. México: University of Nottingham-CIVESTAV.
- Hernández Pina, F. (1998). Conceptualización del proceso de la investigación educativa. En L. Buendía, P. Colás y F. Hernández Pina (Eds.), *Métodos de investigación en Psicopedagogía* (p. 2-60). Madrid: Mc Graw Hill.
- Herrera, F. (1987). *La investigación científica en la Facultad de Medicina de Cádiz a través de las tesis doctorales producidas en la misma en el siglo XIX*. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.
- Herzig, A. H. (2004). Becoming mathematicians: Women and students of color choosing and leaving doctoral mathematics. *Review of Educational Research*, 74 (2), 171-214.
- Hood, W. W. y Wilson, C. S. (2001). The literature of bibliometrics, scientometrics and informetrics. *Scientometrics*, 50 (2), 291-314.
- Howson, A. G. (1982). *A history of mathematics education in England*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ingels, S. J. (1994). *National educational study of 1988*. Washington: National Opinion Research Center.
- Irvine, J. y Martín, B. R. (1981). L'évaluation de la recherche fondamentale, est-elle possible? *La Recherche*, 12, 1406-1416.

- 
- JAMA (1990). Guarding the guardians, research on editorial peer review (Actas del First International Congress on Peer review in Biomedical Publication). *Journal of the American Medical Association*, 263 (10), 1-124.
- Jayasinghe, U. W., Marsh, H.W. y Bond, N. (2001). Peer review in the funding of research in higher education: The Australian experience. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 23 (4), 343-364.
- Johnson, J. y Dinardo, J. (2001). *Métodos de Econometría*. Barcelona: Vicens-Vives.
- Johnson, R. B. y Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33 (7), 14-26.
- Jornet, J. M., Suárez, J. M., Alfaro, I., González-Such, J., Villanueva, P. y Pérez, A. (1990). Valoración de la licenciatura de Matemáticas y ejercicio profesional. *Revista de Investigación educativa*, 8 (16), 603-609.
- Juan, V. (1997). *La visibilidad de las tesis doctorales españolas en ciencias médicas*. Tesis doctoral. Universidad de Alicante.
- Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia (2004). *Orden 2 de Enero por la que se establece el procedimiento para la evaluación de la actividad docente, investigadora y de gestión del personal docente e investigador de las universidades públicas de Andalucía*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (15 Enero), 1039-1044.
- Keeves, J. P. (Ed.) (1997). *Educational research, methodology and measurement. An international handbook*. Nueva York: Pergamon Press.
- Kendall, M. G. (1960). The bibliography of operational research. *Operational Research Quarterly*, 11(1-2), 31-36.

- Kessler, M. M. (1963, a). Bibliographic coupling between scientific papers. *American Documentation*, 14 (1), 10-25.
- Kessler, M. M. (1963, b). Bibliographic coupling extended in time, ten cases histories. *Information Storage of Retrieval*, 1, 169-187.
- Kidd, J. S. (1990). Measuring referencing practices. *Journal of the American Society for Information Science*, 41 (3), 157-163.
- Kilpatrick, J. (1981). The reasonable ineffectiveness of research in mathematics education. *For the Learning Mathematics*, 2 (2), 22-28.
- Kilpatrick, J. (1994). Historia de la investigación en educación matemática. En J. Kilpatrick, L. Rico y M. Sierra (Eds.), *Educación matemática e investigación*. Madrid: Síntesis.
- Klausmeier, H. J. y O'Hearn, G. T. (1968). *Research and development toward the improvement of education*. Madison, WI: Dembar Educational Research Services.
- Koordinierungsstelle Dissonline an der Deutsche Bibliothek (2004). *Digitale Dissertationen im Internet*. Disponible en: <http://dissonline.de>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Kostoff, R. N. (1998). *Science and Technology metrics*. Arlington, VA: Office of Naval Research.
- Kostoff, R. N. (2001). The metrics of science and technology. *Scientometrics*, 50 (2), 353-361.
- Kuhn, T. S. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

- 
- Kvales, S. (1989). The primacy of interview. *Methods*, 3, 3-37.
- Lakatos, I. (1976). Falsations and the methodology of scientific research programs. En I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.) *Criticisms and the growth of knowledge* (pp. 91-196). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Loehle, C. (1990). A guide to increased creativity in research inspiration o perspiration. *Current Contents*, 22 (27),7-17.
- López Baena, A. J. (2001). *Innovaciones en la evaluación y mejora de la investigación científica: Una perspectiva institucional*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- López López, P. (1996). *Introducción a la bibliometría*. Valencia: Promolibro.
- López Piñero, J. M. (1972). *El análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica*. Valencia: Facultad de Medicina.
- 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*, 98 (2), 64-68.
- Lotka, A. F. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Science*, 16 (June), 317-323.
- MacRoberts, M. H. y MacRoberts, B. R. (1996). Problems of citation analysis. *Scientometrics*, 36 (3), 435-444.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. y Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting. Methods and applications*. Nueva York: John Wiley & Sons.

- Maltrás, B. (1996). *Los indicadores bibliométricos en el estudio de la ciencia: Fundamentos conceptuales y aplicación en política científica*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
- Marín, M<sup>a</sup>. A., Martínez González, R. y Rajadall, N. (1985). La investigación empírica sobre el rendimiento en España en la década 1975-1985. *Revista de Investigación Educativa*, 6 (3), 103-126.
- Martínez Mediano, C. (2000). La evaluación para la mejora de la calidad de los centros educativos. *Actas del 10<sup>th</sup> Triennial World Conference*. Valencia: Sociedad Española de Pedagogía.
- McIntosh, J. L. (1996). Doctoral dissertations on suicide from U.S. and Canadian institutions higher learning, 1990-1995. *Suicide and Life-Threatening Behavior*, 26 (2), 198-214.
- Merton, R. K. (1985). *La sociología de la ciencia. Investigaciones teóricas y empíricas (2<sup>a</sup> Edición)*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mestre, J. A. (1995). *La Educación Física en la medicina española (19850-1936). Su aplicación en la prevención de la enfermedad y en la promoción de la Salud. Aproximación histórica*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- Michajlov, A. I., Cernyj, A. I. y Giljarevskij, R. S: (1967). *Informatik grundlagen. Zentralinstitut für Information and Documentation (vol. II)*. Berlín: Staatsverlag D.D.D.
- Ministerio de Educación Nacional MEN. (1944). *Decreto de 29 de abril de 1944 por la que se dan normas para la concesión del Grado de Doctor en las Universidades de provincia*. Boletín Oficial del Estado de 7 de mayo de 1944.

- 
- Ministerio de Educación y Ciencia MEC. (1989). *Orden de 28 de agosto de 1989 sobre las retribuciones del profesorado universitario que se desarrolla el Real Decreto 1086/1989*.
- Ministerio de Educación y Ciencia MEC. (2004). *Teseo. Base de datos de tesis doctorales*. Disponible en <http://www.mcu.es/TESEO/teseo.html>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Miles, M. B. y Huberman, A. M. (1994). *Quantitative data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage
- Moed, H. F., Burger, W. J. M., Frankfort, J. G. y van Raan, A. F. J. (1985). *The use of bibliometrics data for university research policy*. Leiden: Research Policy Unit of the University of Leiden.
- Molinero, L. M. (2004). Análisis de series temporales. *Ajuste*, 1, 1-8.
- Moravcsik, M. J. (1989). ¿Cómo evaluar la ciencia y a los científicos? *Revista Española de Documentación Científica*, 12 (3), 313-325.
- Mullis, I. V. S. (1994). *NAEP 1992. Trends in Academia Progress*. Washington: NAEP.
- Nalimov, V. V. y Mulchenko, E. M. (1969). *Naukometrija. Isucente razvitaja naukikak informacionnogo processa*. Moscú: Nauka.
- National Science Foundation (1982). *Academic science: Scientists and engineers*. Washington: NSF.
- National Science Foundation (2000). *Women, minorities, and persons with disabilities in science and engineering*. Arlington, VA: National Science Foundation.

- Navarro, F. A. (1996). El idioma de la medicina a través de las referencias bibliográficas de los artículos originales publicados en Medicina Clínica durante 50 años (1945-1995). *Medicina Clínica*, 107 (16), 608-613.
- Networked digital library of these and dissertations (2004). *Theses and dissertations*. Disponible en: <http://www.nldtd.org>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Nicolás, M. E. (1991). La Universidad en los años 40: Por una cultura unitaria y tradicional. En J. J. Carreras, M. A. Ruiz Carnicer (Eds.), *La Universidad española bajo el régimen de Franco (1939-1975)*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- Noyons, E. C. M., Moed, H. F. y van Raan, A. F. J. (1999). Integrating research performance analysis and science mapping. *Scientometrics*, 43 (3), 591-604.
- OCDE (1994). *Manual Frascati* (4ª edición). París: OCDE Publications Service.
- Ortega y Gasset, J. (1983). *La rebelión de las masas*. Barcelona: Orbis (versión original, 1929).
- Ortiz, E. (1994). Spain, Portugal and Ibero-America 1780-1930. En I. Grattan-Guinness (Eds.), *Companion encyclopedia of the history and philosophy of the mathematical science*. Londres: Routledge.
- Owens, D. T. y Reed, M. K. (2000). *Research in mathematics education*. Washington: ED.
- Pao, M. L. y Goffman, W. (1986). Impact of research funding: A bibliometric analysis. *Proceedings of the American Society of Information Sciences*, 7, 1232-1236.
- Pérez Serrano, G. (1985). Evaluación de la investigación educativa. *Revista de Ciencias de la Educación*, 123, 285-305.

- 
- Pokorny, M. (1987). *An introduction to Econometrics*. Nueva York: Basil Blackwell.
- Ponte, J. P., Ferreira, C., Brunheira, L. Oliviera, H. y Varandas, J. M. (1998). Investigating mathematical investigations. En P. Abrantes, J. Porfirio y M. Bama (Eds.), *Les interactions dans la classe de mathematiques: Proocedings of the CIEAEM 49* (pp. 3-14). Portugal: ESE
- Ponte, J. P. (2001). Investigating in mathematics and in learning to teach mathematics. In F. L. Lin y T. J. Cooney (Eds.), *Making sense of mathematics teacher education* (pp. 53-72). Dordrecht: Kluwer.
- Ponte, J. P. (2003). Investigaçao sobre investigaçoies matemáticas em Portugal. *Investigar em Educaçao*, 2, 93-169.
- Popper, K. R. (1968). *Conjectures and refutations*. Nueva York. Harper.
- Popper, K. (1997). *El cuerpo y la mente*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Price, D. J. S. (1951). Quantitative measures of the development of Science. *Archives International of History Science*, 14, 85-93.
- Price, D. J. S. (1956). The exponential curve of Science. *Discovery*, 17, 240-243.
- Price, D. J. S. (1961). *Science since Babylon*. New Haven: Yale University Press.
- Price, D. J. S. (1969). Measuring the sice of the science. *Proceeding of the Israel Academic of Science and Humanities*, 4 (6), 98-111.
- Price, D. J. S. (1970). Citation measures of hard science, soft science, technology and nonscience. En C. C. Nelson y D. E. Pollock (Eds). *Communication among scientist and engineers*. Lexington, MA: D. C. Health.

- Price, D. J. S. (1986). *Little science, big science... and beyond*. Nueva York: Columbia University Press. Edición original Little science, big science (1963).
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography on bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25 (4), 238-239.
- Proyecto Universia (2004). *Tesis doctorales*. Disponible en: [http://www.universia.es/contenidos/investigacion/Investigacion\\_tesisdoctorales.htm](http://www.universia.es/contenidos/investigacion/Investigacion_tesisdoctorales.htm) . Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Quinlan, K. M. (2002). Inside the peer review a college's teaching portfolio. *Teaching and Teacher Education*, 18 (8), 1035-1049.
- Raisig, L. M. (1960). Mathematical evaluation of the scientific serial. *Science*, 131 (3411), 1417-1419.
- Reskin, B. F., Koretz, J. F. y Francis, L. L. (1996). Women in science. *Bulletin of the AAUP*, 82 (3), 57-65.
- Restivo, S. (1992). *Mathematics in society and history*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Reys, R. E. (2000). Doctorates in mathematics educations. An acute shortage. *Notices of the AMS*, 10 (47), 1267-1270
- Reys, R. E. y Kilpatrick, J. (2001). *One filed, many paths: U.S. doctoral programs in mathematics education*. Washington: American Mathematical Association.
- Reys, R. E. (2002). Mathematics education positions in higher education and their applicants: A many-to-one correspondence. *Notices of the AMS*, 49 (2), 2002-2007.

- 
- Rico, L. (1995). Prólogo. En A. Fernández Cano, *Métodos para evaluar la investigación en psicopedagogía* (pp.13-16). Madrid: Síntesis.
- Rico, L. (1999). Matemáticas, universidad y formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34, 245-262.
- Rico, L. y Sierra, M. (2000). Didáctica de la Matemática española e investigación. En J. Carrillo y J. C. Contreras (Eds.), *Matemática española en los albores del siglo XXI*. Madrid: Hergué.
- Rico, L., Sierra, M. y Castro, E. (2000). Didáctica de la Matemática. En L. Rico y D. Madrid (Eds.), *Fundamentos didácticos de las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis.
- Rinia, E. J., van Leeuwen, T. N., Bruins, E. E. W., van Vuren, H. G. y van Raan, A. F. J. (2002). Measuring Knowledge transfer between fields of science. *Scientometrics*, 54 (3), 347-362.
- Rodríguez Morilla, C. (2000). *Análisis de series temporales*. Madrid: La Muralla.
- Romberg, T. A. (1992). Perspective on scholarship and research methods. En D. A. Gronws (Ed.), *Handbook of research on Mathematics teaching and learning*. Nueva York: McMillan.
- Romberg, T. A. y Carpenter, T.P. (1986). Research on teaching and learning mathematics: Two disciplines of scientific inquiry. En M. C. Wittrock (Ed.) *Handbook of research on teaching* (pp. 850-887). Nueva York: MacMillan.
- Rosenthal, R. y Gaito, J. (1963). The interpretation of levels of significance by psychological researcher. *Journal of Psychology*, 55, 33-38.
- Ryan, K. y Schwandt, Th. (2002). *Exploring evaluator role and identity*. Greenwich: IAP.

- Sabater, P. (2000). *Las tesis doctorales de las facultades de ciencias de la Universidad de Murcia, 1955-1990*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- Safford-Ramus, K. (2001). *A review and summary of research on adult mathematics education in North America (1980-2000)*. Nueva Jersey: Peppercorn Press.
- Sale, J. E., Lohfeld, L. H. y Brazil, K. (2002). Revisiting the quantitative-qualitative debate: Implication for mixed-methods research. *Quality & Quantity*, 36 (1), 43-53.
- Salomon, G. (1991). Transcending the qualitative-quantitative debate: The analytic and systematic approaches to educational research. *Educational Researcher*, 20 (6), 10-18.
- Scandura, J. M. (1967). *Research in Mathematics Education*. Washington, DC: NCTM.
- Schoenfeld, A. H. (1991). On pure and applied research in mathematics education. *Journal of Mathematics Behaviour*, 10, 263-276.
- Schoenfeld, A. H. (2000). Purposes and methods of research in mathematics education. En D. Holton (Ed.), *Teaching and learning of mathematics at university level. An ICMI study* (pp. 221-236). Dordrecht, NL: Kluwer.
- Schubring, G. (1988). Factors determining theoretical developments of mathematics education as a discipline- Comparative historical studies of its institutional and social context. En H. G. Steiner y A. Vermandel (Eds.), *Foundations and methodology of the discipline mathematics education*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> TME conference (pp. 161-173). University of Bielefeld y University of Antwerp.
- Sells, L. W. (1973). *Sex and discipline differences in doctoral student attrition*. Berkeley: University of California Press.

- 
- Sierpinska, A (1991). Criteria for scientific quality and relevance in the Didactic of Mathematics. En G. Nissen y M. Blomnj (Eds.), *Criteria for scientific quality and relevance in the Didactics of Mathematics*. Roskilde, DK: Danish Research Council for Humanities.
- Sierpinska, A. y Kilpatrick, J. (1998). *Mathematics education as a research domain: A research for identity*. Dordrecht, NE: Kluwer.
- Sierra Bravo, R. (1999). *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica* (5ª ed.). Madrid: Paraninfo.
- Smith, J. K. y Heshusius, L. (1986). Closing down conversation: The end of the quantitative-qualitative debate. *Educational Research*, 15 (1), 4-12.
- Skaalvik, E. M. y Valas, H. (1999). Relations among achievement, self-concept and motivation in mathematics and language arts: A longitudinal study. *Journal of Experimental Education*, 67 (2), 135- 149.
- Solís, F. M. (2000). *El sistema de I+D en Andalucía dentro del contexto nacional y europeo. Una evaluación del plan andaluz del investigación*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Sorli, A. y Merlo, J. A. (2002). Bases de datos y recursos en Internet sobre tesis doctorales. *Revista Española de Documentación Científica*, 25 (1), 95-106.
- Steiner, H. G. y Christiansen, B. (1979). *New trends in mathematics teaching*. París: Unesco.
- Stufflebeam, D. y Wingate, L. (2003). *International handbook of educational evaluation*. Londres: Kluwer.
- Suydam, M. N. (1968). An evaluation of journal-published research reports on elementary school mathematics, 1900-1965. *Dissertations Abstract*, 28 (1-2).

- Suydam, M. N. (1989). Research on mathematics education reported in 1988. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20 (4), 379-426.
- Système universitaire de documentation (2004). *SUDOC catalogue*. Disponible en: <http://www.sudoc.abes.fr>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.
- Terrada, M. L. y López Piñero, J. M. (1992). *Índice de citas e indicadores bibliométricos de las revistas españolas de Medicina interna y sus especialidades*. Barcelona: Instituto de Estudios Documentales e Históricos de la Ciencia.
- Tobin, K. y Roth, W. M. (2002). The contradictions in science education peer review and possibilities for change. *Research in Science Education*, 32 (2), 269-280.
- Torralbo, M. (2001). *Análisis cientimétrico, conceptual y metodológico de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática (1976-1998)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Torralbo, M., Maz, A., Rico, L. y Fernández Cano, A. (2001). Programa de doctorado en investigación en Educación Matemática. En F. J. Perales (Eds.), *Actas del Congreso Nacional de Didácticas Específicas*, (Vol. I) (pp. 905-914). Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Torralbo, M., Vallejo, M. y Fernández Cano, A. (2001). Paradigmas y teorías en la investigación en Educación Matemática. En AIDIPE (Compilador), *Actas del X Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa: Investigación y evaluación en la sociedad del conocimiento*, (pp. 793-797). La Coruña: AIDIPE.
- Torralbo, M., Vallejo, M. y Fernández Cano, A. (2003). Análisis metodológico de la productividad española de tesis doctorales en educación matemática (1976-1998). *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 10 (1),

---

Disponible en: [http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1\\_3.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_3.htm).

Consultado: 25 de Junio de 2004.

Torrallbo, M., Vallejo, M. y Fernández Cano, A. (2003). Panorama de la investigación en Educación Matemática en España a través de las tesis doctorales. En E. Castro, P. Flores, T. Ortega, L. Rico, y A. Vallecillos (Eds.), *Investigación en Educación Matemática* (pp. 29-42). Granada: Universidad de Granada.

Travis, G. y Collins, H. M. (1991). New light on old boys: Cognitive and institutional particularism in the peer review. *Science, Technology & Human Values*, 16 (3), 322-341.

Tyler, R. W. (1969). *Educational Evaluation: New roles, new means*. Chicago: University of Chicago Press.

Universidad Complutense de Madrid (2004). *Cisne. Tesis UCM*. Disponible en: <http://cisne.sim.ucm.es>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.

University Microfilms Internacional (2004). *ProQuest Digital Dissertations*. Disponible en: <http://wwwlib.umi.com/dissertations/gateway>. Consultado: 24 de Mayo de 2004.

Urbano, C. (1999). *EL análisis de las citas en publicaciones de usuarios de bibliotecas universitarias: Estudio de las tesis doctorales en informática de la Universidad Politécnica de Cataluña*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.

Valcárcel, M. (1998). La evaluación institucional de la investigación y del tercer ciclo. *Revista de Educación*, 315, 125-139.

Vallejo, M. (2002). *Estudio diacrónico de las tesis doctorales españolas en educación matemática*. Proyecto de investigación. Universidad de Granada.

- Vallejo, M., Rojas, C. y Fernández Cano, A. (2003). Sesgos relativos al género en las políticas editoriales de revistas científicas españolas del campo de la educación. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 8 (2). Disponible en: [http://www.uv.es/RELIEVE/v8n2/RELIEVEv8n2\\_3.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v8n2/RELIEVEv8n2_3.htm). Consultado: 14 de Octubre 2004.
- Vallejo Seco, G. (1996). *Diseño de series temporales interrumpidas*. Barcelona: Ariel.
- van Raan, A. F. J. (1989). Evaluation of research groups. En D. Evered y S. Harnett (Eds.) *The evaluation of scientific research* (169-187). Chichester: John Wiley & Sons.
- van Raan, A. F. J. (1994). Little scientometrics, big scientometrics... and beyond? *Scientometrics*, 30 (2-3), 529-531.
- van Raan, A. F. J. (1996). Advance bibliometrics methods in quantitative core of peer-review based evaluation and foresight exercises. *Scientometrics*, 36 (3), 397-420.
- van Raan, A. F. J. (1997). Scientometrics: State of the Art. *Scientometrics*, 38 (1), 205-218.
- Velho, L. (1994). Indicadores científicos: Aspectos teóricos y metodológicos. En E. Martínez (Ed.), *Ciencia, tecnología y desarrollo: Interrelaciones teóricas y metodológicas*. Caracas: Nueva Sociedad.
- Wale, N. C., Steckler, N. A. y Leserman, J. (1995). Undergraduate women: Who chooses a science major? *Journal of Higher Education*, 56, 73-84.
- Weiss, P.W. (1960). Knowledge: A growth process. *Science*, 131, 1716-1719.
- Westbrook, J. H. (1960). Identifying significant research. *Science*, 132 (3435), 1229-1234.

- 
- Zbikowska-Migon, A. (2001). Kart Heinrich Frömmichen (1736-1783) and Adrian Balbi (1782-1848) - The pioneers of Biblio- and Scientometrics. *Scientometrics*, 52 (2), 225-233.
- Zeller, R. A. (1997). Validity. En J. R. Keeves (Eds.), *Educational Research, Methodology and measurement. An international handbook* (pp.822-929). Nueva York: Pergamón.
- Zipf, G. K. (1968). *The psycho-biology of language*. Cambridge: Mass M.I.T. Edición original *The psycho-biology of language* 1935. Nueva York: Houghton Mifflin.



## **ANEXOS**



## ANEXO I

### GLOSARIO DE ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS

- AFS: Automatic Forecasting Systems.
- ANOVA: Análisis de la varianza.
- AMA: American Mathematical Association.
- AMS: American Mathematical Society.
- AR: Modelo autorregresivo.
- ARIMA: Arithmetic Integrated Moving Average.
- AUTO: Box-Pierce test for excessive autocorrelation.
- A&HCI: Arts & Humanities Citation Index.
- C: Paradigma Crítico
- CBUC: Consorci de Biblioteques Univeritàries de Catalunya.
- CEMPEM/FC-UNICAM: Centro de Investigación en Educación Matemática.  
Universidad de Campinas (Brasil).
- CESCA: Centro de Supercomputació de Catalunya.
- CIDE: Centro de Investigación. Documentación y Evaluación.
- CINDOC: Centro de Información y Documentación Científica.
- CINVESTAV: Centro de INVestigación y ESTudios AVanzados.
- CIRIT: Comisión Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnológica.
- CRL: Center for Research Libraries.
- CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- DARPA: Defensa Advanced Research Projects Agency.

- DDM: Departamento de Didáctica de la Matemática.
- DOCUMAT:
- DOE: Departamento Of Energy.
- DOE: Departamento de Didáctica y Organización Ecolar.
- EYPASA:
- F: Razón  $F$  de Fisher-Snedecor.
- FI: Factor de Impacto.
- g.l.: Grados de libertad.
- HDH:
- HUM: Humanidades.
- I: Paradigma Interpretativo.
- ICE: Instituto de Ciencias de la Educación.
- ICMI: International Commission for Mathematics Instruction.
- ICYT: Instituto de información y documentación en Ciencia Y Tecnología.
- IPC: Indicador de productividad personal.
- IREM: Instituts de Recherche pour l'Enseisment des Mathématiques.
- ISBN :
- ISI: Institute for Scientific Information.
- ISSN :
- JAMA: Journal of the American Medical Association.
- JCR: Journal Citation Reports.
- LOU: Ley Orgánica de Universidades.
- MA: Media móvil.
- MAE: Mean Absolute Error.
- MANOVA: Análisis Multivariado de la Varianza.
- MEAN: Test for difference in mean 1<sup>st</sup> half to 2<sup>nd</sup> half.
- MEC: Ministerio de Educación y Ciencia.
- MIDE: Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación.
- MIT: Massachusetts Institute of Technology.
- MSE: Mean Squared Error.
- N: Paradigma Nomotético.
- NAEP: National Assessment of Educational Progress.
- NCTM: National Council of Teachers of Mathematics.

- 
- NSF: National Science Foundation.
  - OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.
  - $p$ : Nivel de probabilidad.
  - PCMs: Procedimientos de Comparación Múltiples.
  - PYSA: Programme for International Student Assessment
  - REDIAL: Red Europea de Documentación e Información sobre América Latina.
  - RELIEVE: Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa.
  - RMSE: Root of Mean Squared Error.
  - RUNM: Test for excessive runs above and below median.
  - RUNS: Test for excessive runs up and down.
  - SAEM: Sociedad Andaluza de Educación Matemática.
  - SAS: System At Statistics.
  - SCI: Science Citation Index.
  - SEIEM: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática.
  - SSCI: Social Science Citation Index.
  - SPSS: Statistical Package for Social Sciences.
  - SUDOC: Système Universitaire de Documentation.
  - $t$ :  $t$  de Student.
  - TDRT: Servidor catalán de tesis doctorales.
  - THE:
  - TRACES: Technology in Retrospect and Critical Events in Science
  - UCM: Universidad Complutense de Madrid
  - UGR: Universidad de Granada.
  - UMI: University Microfilm Internacional.
  - UNED: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
  - UNESCO: United Nations of Education, Science and Cooperation Organization.
  - VAR: Test for difference in variance 1<sup>st</sup> half to 2<sup>nd</sup> half.
  - X: Paradigma Complementarista, Mixto.
  - ZDM: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik.



## ANEXO II

### HOJA-RESUMEN DE CARACTERIZACIÓN CIENCIOMÉTRICA, CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA DE ESTA TESIS.

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS CIENCIOMÉTRICOS		
<b>Autor:</b> .....Mónica Vallejo Ruiz.....		
<b>Título de la tesis:</b> ...Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002).....		
<b>Nº de identificación de la tesis (no completar, sólo tiene función de control):</b>		
1	Año	2005
2	Sexo autor	M
3	Número directores	2
4	Identidad directores	Dr. D. Antonio Fernández Cano Dr. D. Manuel Torralbo Rodríguez
5	Sexo directores	H-H
6	Institución lectura	Universidad de Granada
7	Número instituciones	2
8	Institución directores	Universidad de Granada Universidad de Córdoba
9	Centro realización	Facultad de Ciencias de la Educación
10	Área conocimiento de directores	Dpto. de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación (MIDE) Dpto. Didáctica de la Matemática
11	Número áreas	2
12	Número citas	204
13	Cita español	63
14	Cita inglés	130

15	Cita francés	5
16	Citas otras lenguas	6
17	Revistas citadas	130
18	Revistas españolas	32
19	Revistas inglesas	73
20	Revistas francesas	2
21	Revistas otras lenguas	1
22	Revistas citadas 10	<p>Scientometrics</p> <p>Revista de Investigación Educativa (RIE)</p> <p>Notices of the American Mathematics Society</p> <p>Revista ELectrónica de Investigación y Evaluación Educativa (RELIEVE)</p> <p>Revista Española de Pedagogía</p> <p>Revista Española de Documentación Científica</p> <p>Journal for Research in Mathematics Education</p> <p>British Educational Research Journal</p>
23	Libros citados	83
24	Libros españoles	27
25	Libros ingleses	55
26	Libros franceses	0
27	Libros otras lenguas	1
28	Otras citas/literatura gris	13
29	Media citaciones	14,85
30	Variabilidad citaciones	15,71
31	Autores más citados	<p>Fernández Cano, A. (12)    van Raan, A, F. S. (3)</p> <p>Price, D. J. S. (6)        Ponte, J. P. (2)</p> <p>Torralbo, M (5)            Kilpatrick, J. (2)</p> <p>Rico, L. (4)                López Piñero, J. M. (2)</p> <p>Reys, R. E. (3)            Box, G. E. P. (2)</p>
32	Lengua tesis	Castellano
33	Número paginas tesis	474
34	Número páginas anexos	52
35	Financiación	Sí MECD

<b>HOJA DE RECOGIDA DE DATOS CONCEPTUALES</b>		
<b>Autor:</b> .....Mónica Vallejo Ruiz.....		
<b>Título de la tesis:</b> ... Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002).....		
Nº de identificación de la tesis (no completar, sólo tiene función de control):		
Nº	CAMPO	DATOS
A	General	A 50- Bibliografía. Información y documentación A 70- Tesis y tesis postdoctorales
B	Política Educativa y Sistema Educativo.	B 10-Investigación educativa y planificación B 40- Educación superior
C	Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática. Aspectos Sociales.	
D	Educación e Instrucción en Matemáticas.	D 10- Trabajos comprensivos y estudios sobre la Educación Matemática en general. D 20- Métodos de investigación.
E	Fundamentos de las Matemáticas.	E 10- Metodología de la investigación matemática
F	Aritmética. Teoría de Números.	
G	Geometría.	
H	Álgebra	
I	Análisis.	
K	Combinatoria y Teoría de Grafos. Estadística y Probabilidad.	K 90- Estadística aplicada: series temporales y modelos ARIMA
M	Modelos Matemáticos, Matemáticas Aplicadas.	
N	Matemáticas Numéricas. Matemáticas Discretas. Software Matemático.	
U	Materiales educativos y Multimedia. Tecnología en educación.	U 90. Bases de datos sobre investigación.

### HOJA DE RECOGIDA DE DATOS METODOLÓGICOS

**Autor:**.....Mónica Vallejo Ruiz.....

**Título de la tesis:**... Estudio longitudinal de la producción española de tesis .....  
doctorales en Educación Matemática (1975-2002).....

**Nº de identificación de la tesis** (no completar, sólo tiene función de control):

1	Paradigma/Enfoque metodológico	Nomotético
2	Teoría	Cienciometría
3	Cuestión de investigación o problema	Sí enuncia
4	Objetivos Generales	Sí enuncia
5	Objetivos específicos	Sí enuncia
6	Hipótesis	Sí enuncia
7	Metodología	Cuantitativa
8	Realiza revisión bibliográfica	Sí realiza
9	Recoge referencias bibliográficas	Sí realiza
10	Definición de términos clave	Sí enuncia
11	Instrumento recogida de datos	Sí utiliza
12	Instrumento específico	Fichas técnicas de conteo
13	Tipo de instrumento	Ad hoc

14	Validez de instrumento	Si realiza
15	Tipos de validez instrumento	Validez de Expertos Validez de constructo Por uso
16	Fiabilidad instrumento	Sí realiza
17	Procedimientos de fiabilidad	Inter recolectores Intra recolectores
18	Unidad básica de análisis	Documentos (tesis doctorales)
19	Nivel académico	Universidad
20	Identificación población	Identifica y describe
21	Selección aleatoria	No
22	Técnicas de muestreo	Muestreo censal
23	Tamaño muestral	241 tesis doctorales
24	Tipo de diseño general	Descriptivo-predictivo
25	Diseño específico	Análisis de tendencias en series temporales
26	Temporalización	Longitudinal
27	Amenazas validez de diseño	Sí enuncia
28	Control amenazas	Sí establece control
29	Estadísticos descriptivos	Sí utiliza
30	Tipos de estadísticos descriptivos	Numéricos (frecuencias, porcentaje y media) Gráficos (diagrama lineal, diagramas alisados y diagrama pronóstico)

---

31	Uso de valores p	Sí utiliza
32	Inferencia estadística	Sí realiza
33	Técnicas de inferencia estadística	ANOVA simple Chi- cuadrado (? <sup>2</sup> )
34	Técnicas correlacionales y multivariadas	Sí utiliza
35	Tipos de Técnicas correlacionales y multivariadas	Análisis factorial ARIMA Ajustes de regresión Determinación de pronósticos
36	Análisis cualitativo	No realiza
37	Triangulación	No realiza
38	Hallazgos	Sí enuncia
39	Cuestiones abiertas	Sí enuncia
40	Implicación a la teoría	Sí realiza
41	Implicaciones prácticas	Sí realiza

## ANEXO III

### RELACIÓN DE TESIS DOCTORALES ESTUDIADAS

1. ABRAIRA FERNÁNDEZ, Concepción (1993). *Efectos de la evaluación formativa en alumnos de matemáticas de E. U del Profesorado de Educación General Básica*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
2. AGUIAR BARRERA, Marta Elena (2001). *El diálogo en el aula ¿Una alternativa al tradicional método de selección natural en la enseñanza de las matemáticas?* Tesis Doctoral. Universidad Valladolid. *NO ANALIZADA*
3. AGUILAR VILLAGRAN, Manuel (1997). *Diseño y aplicación de un programa instruccional de resolución de problemas aritméticos*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
4. ALBA PASTOR, Carmen (1992). *Evaluación sumativa y formativa de software educativo para la etapa infantil*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
5. ALCALDE CUEVAS, M<sup>a</sup> Concepción (1997). *Conceptualización numérica en niños deficientes mentales mediante un pronóstico de control de estímulos*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.

6. ALMANZA RINCÓN, Darby Danilo (2001). *La colaboración entre alumnos como estrategia para aprovechar didácticamente los errores en el aprendizaje de la matemática*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. *NO ANALIZADA*
7. ALSINA PASTELLS, Ángel (2000). *La intervención de la memoria de trabajo en el aprendizaje del cálculo aritmético*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
8. ANDRÉS MILLARES, Vicenta (1983). *Comprensión del lenguaje escrito para el éxito en matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
9. ANIDO QUARONI, Mercedes Alicia (2001). *Una propuesta de incorporación de herramientas computacional a la enseñanza de la matemática en la Universidad. Evaluación de experiencias*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
10. ARAVENA DÍAZ, M<sup>a</sup> Mercedes (2001). *Evaluación de proyectos en un curso de álgebra universitaria. Un estudio basado en la modelización polinómica*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
11. ARENZANA HERNÁNDEZ, Víctor (1988). *La enseñanza de las matemáticas en el siglo XVIII en España. La escuela de matemáticas de la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
12. ARLANDIS COLLADO, Pilar (1992). *Estudiantes con dificultades en la resolución de problemas de matemáticas. Efectos de la instrucción en estrategias sobre el aprendizaje y la conducta*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

- 
13. ARNAL AGUSTÍN, Justo (1986). *Elaboración y validación de un test de instrucción en el área de matemáticas al término del ciclo medio de E.G.B. Estudio comparativo*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
  14. ARRIECHE ALVARADO, Mario José (2002). *La teoría de conjuntos en la formación de maestros: Facetas y factores condicionantes del estudio de una teoría matemática*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
  15. ARRIETA GALLASTEGUI, José Joaquín (1987). *Teoría y práctica de las matemáticas en el ciclo inicial de la E.G.B.* Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
  16. ARRIETA ILLARRAMENDI, Modesto (1995). *Análisis causal para un diagnóstico individual del rendimiento en matemáticas (11 - 12 años)*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
  17. AUZMENDI ESCRIBANO, Elena (1992). *Evaluación de las actitudes hacia la estadística en alumnos universitarios y factores que las determinan*. Tesis doctoral. Universidad de Deusto.
  18. AZCÁRATE GIMÉNEZ, Carmen (1990). *La velocidad: Introducción al concepto de derivada*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
  19. AZCÁRATE GODED, Pilar (1995). *El conocimiento profesional de los profesores sobre las nociones de aleatoriedad y probabilidad. Su estudio en el caso de la Educación Primaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
  20. BARBERÁ GREGORI, Elena (1995). *Enfocament avaluatiu en matemàtiques: El coneixement procedimental i el coneixement estratègic a través dels programes d'avaluació escrita de matemàtiques*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

21. BARRANTES LÓPEZ, Manuel (2002). *Recuerdos, expectativas y concepciones de los estudiantes para maestro sobre la geometría escolar y su enseñanza/aprendizaje*. Universidad de Extremadura. *NO ANALIZADA*
22. BARRIAL, Marcelo Almeida (2002). *Desarrollo profesional docente en Geometría: Análisis de un proceso de formación a distancia*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
23. BAUTISTA GARCÍA-VERA, Antonio (1986). *Estudio sobre la enseñanza de las matemáticas basada en la resolución de problemas, contrastado en medios computacionales y no computacionales*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
24. BEDOYA MORENO, Evelio (2002). *Formación inicial de profesores de Matemáticas: Enseñanza de funciones, sistemas de representación y calculadoras graficadoras*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
25. BEHAR GUTIÉRREZ, Roberto (2001). *Aportaciones para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
26. BELTRÁN CHICA, Juan (1989). *La enseñanza de los sistemas de representación asistida por ordenador*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
27. BENITO GÓMEZ, Manuel (1992). *El pensamiento de los profesores de matemáticas de Enseñanza Secundaria Obligatoria sobre la evaluación*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
28. BETHENCOURT BENÍTEZ, José Tomás (1985). *Estrategias cognitivas en la resolución de problemas aritméticos*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.

- 
29. BLANCO NIETO, Lorenzo (1991). *Conocimiento y acción en la enseñanza de las matemáticas de profesores y estudiantes para profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
  30. BLÁZQUEZ MARTÍN, Sonsoles (2000). *Noción de límite en matemáticas aplicadas a las ciencias sociales*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
  31. BOLEA CATALÁN, Pilar (2002). *El proceso de algebrización de las Organizaciones Matemáticas Escolares*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
  32. BORDAS ALSINA, Inmaculada (1979). *Diagnosia matemática en E.G.B.* Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
  33. BOSCH CASABO, Mariana (1991). *La dimensión ostensiva en la actividad matemática. El caso de la proporcionalidad* Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
  34. BRUNO CASTAÑEDA, Alicia (1997). *La enseñanza de los números negativos desde una perspectiva unitaria*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
  35. BUSQUETS I PRAT, M<sup>a</sup> Dolores (1995). *Models representacionals en la formulacio de problemes simples d'estructura additiva*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
  36. CAJARAVILLE PEGITO, José Antonio (1996). *Evaluación del significado del cálculo diferencial para estudiantes preuniversitarios. Su evolución como consecuencia de una ingeniería didáctica alternativa*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

37. CALLIS I FRANCO, Joseph (2002). *Estimació de mesures longitudinals rectilínies i curvilínies. Procediments, recursos i estratègies*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
38. CALVO LLENA, M<sup>a</sup> Teresa (1988). *Aspectos implicados en la conceptualización del espacio: Un estudio correlacional*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
39. CALVO PESCE, Cecilia (2000). *Un estudio sobre el papel de las definiciones y las demostraciones en cursos preuniversitarios de cálculo diferencial e integral*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
40. CAMAÑO ESPINOZA, Carlos (2000). *Bases para una formación integrada de Álgebra y de Geometría: El caso de las cuadráticas*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
41. CAÑAS CALLES, Antonio (1986). *Fracaso escolar en el área de matemáticas del ciclo inicial*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
42. CAÑIZARES CASTELLANOS, M<sup>a</sup> Jesús (1997). *Influencia del razonamiento proporcional y combinatorio y de creencias subjetivas en las intuiciones probabilísticas primarias*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
43. CARBONELL RODRIGO, José Manuel (1993). *Evaluación de los niveles mínimos de acceso al R. U P. en el área de las matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
44. CARDEÑOSO DOMINGO, José M<sup>a</sup> (1998). *Las creencias y conocimientos de los profesores de primaria andaluces sobre la matemática escolar. Modelización de concepciones sobre la aleatoriedad y probabilidad*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.

- 
45. CARRILLO YÁÑEZ, José (1996). *Modos de resolver problemas y concepciones sobre la matemática y su enseñanza de profesores de matemáticas de alumnos de más de 14 años. Algunas aportaciones a la metodología de la investigación y estudio de posibles relaciones*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
46. CASAS GARCÍA, Luis Manuel (2002). *El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría*. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. *NO ANALIZADA*
47. CASTAÑÓN OCTAVIO, Natalia (1998). *Efecto del programa Bright Start en el desarrollo de los componentes lógicos-matemáticos*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
48. CASTELLS AZPILICUETA, Pablo (1998). *Heurísticas y metaconocimiento en resolución automática de problemas de matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
49. CASTRO MARTÍNEZ, Encarnación (1994). *Exploración de patrones numéricos mediante configuraciones puntuales. Estudio con escolares de primer ciclo de Secundaria (12 - 14 años)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada
50. CASTRO MARTÍNEZ, Enrique (1994). *Niveles de comprensión en problemas verbales de comparación multiplicativa*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
51. CERÓN SÁEZ, Ana M<sup>a</sup> (1990). *Construcción y validación de una batería de aprendizajes específicos para EGB*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

52. CHAMORRO PLAZA, M<sup>a</sup> Carmen (1997). *Estudio de las situaciones de enseñanza de la medida en la escuela elemental*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
53. CHAMOSO SÁNCHEZ, José María (2000). *Análisis de una experiencia de resolución de problemas para la mejora de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
54. CLIMENT RODRÍGUEZ, Nuria (2002). *El desarrollo profesional del maestro de Primaria respecto de la enseñanza de la matemática. Un estudio de caso*. Tesis doctoral. Universidad de Huelva.
55. COBO LOZANO, Pedro (1998). *Análisis de los procesos cognitivos y de las interacciones sociales entre alumnos (16-17) en la resolución de problemas que comparan áreas de superficies planas. Un estudio de casos*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
56. COELLO GARCÍA, M<sup>a</sup> Teresa (1987). *El proceso de contar en los niños*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
57. CONTRERAS DE LA FUENTE, Ángel (1993). *Evolución de concepciones sobre nociones geométricas elementales en entornos de programación con el lenguaje Logo*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
58. CONTRERAS GONZÁLEZ, Luis Carlos (1998). *Resolución de problemas. Un análisis exploratorio de las concepciones de los profesores acerca de su papel en el aula*. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva.
59. CORBALÁN YUSTE, Fernando (1997). *Juegos de estrategia y resolución de problemas: Análisis de estrategias y tipología de jugadores en el alumnado de Secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

- 
60. CORBERÁN SALVADOR, Rosa (1996). *Análisis del concepto de área de superficies planas. Estudio de su comprensión por los estudiantes desde primaria a la Universidad*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
61. CORELLA QUESADA, Ana M<sup>a</sup> (1997). *Evaluación del nuevo currículum de matemáticas de X año de la educación diversificada académica de Costa Rica y su incidencia en el funcionamiento cognitivo*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
62. COSSIO AMONDO, Julio (1998). *Diagnos de la habilidad de visualizar en el espacio 3D con estudiantes de Bachillerato (B. U P.) del Bilbao metropolitano*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
63. CUBILLO DURÁN, Carmen (1998). *Un estudio sobre las potencialidades que genera en los alumnos de Secundaria el modelo de gestión mental aplicado a las fracciones*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
64. DÁVILA SÁNCHEZ, Marly (2000). *Influencia del programa radiofónico Matemática Interactiva en el aprendizaje de los alumnos*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
65. DEAÑO DEAÑO, Manuel (1990). *Análisis psicoeducativo del proceso de adquisición de conocimientos en el área lógico-matemática*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
66. DEL RÍO SÁNCHEZ, José (1990). *Aprendizaje de las matemáticas por descubrimiento. Estudio comparado de dos metodologías*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
67. DELGADO GARCÍA, César Augusto (1998). *Estudio microgenético de esquemas conceptuales asociados a la definición de límite y continuidad en*

- universitarios de primer curso*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
68. DELGADO MONTOTO, José Amador (1994). *Ejecución de tareas lógico-matemáticas en deficiente clasificados etiológicamente*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
69. DENIA GARCÍA, Ana M<sup>a</sup> (1991). *Conocimiento conceptual y procedimental: El caso del conteo*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
70. DEULOFEU PIQUET, Jordi (1992). *Els grafics cartesianes de funcions: Un estudi de les concepcions dels alumnes centrat en el significat del grafic*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
71. DÍAZ ALCARAZ, Francisco (1991). *Validación de un test de rendimiento de matemáticas para ciclo medio y enseñanza primaria en Castilla la Mancha*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
72. DÍEZ BARRABÉS, M<sup>a</sup> Mercedes (1995). *Sobre la simbolización en el álgebra. Aplicación al proceso de aprendizaje de las desigualdades en educación secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
73. DOPICO CRESPO, Cristina (2001). *Adquisición y desarrollo del concepto de división en la Educación Primaria. Sentencias numéricas y problemas verbales*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
74. ESPINOZA SALFATE, Lorena (1998). *Organizaciones Matemáticas y Didácticas en torno al objeto "límite de función". Del "pensamiento del profesor" a la gestión de los momentos del estudio*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

- 
75. ESTEPA CASTRO, Antonio (1993). *Concepciones iniciales sobre la asociación estadística y su evolución como consecuencia de una enseñanza basada en el uso de ordenadores*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
76. ESTRADA ROCA, M<sup>a</sup> Asunción (2002). *Análisis de las actitudes y conocimientos estadísticos elementales en la formación del profesorado*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
77. FAYOS VALLES, M<sup>a</sup> Pilar (1996). *Resolución de problemas de matemáticas: Un análisis cualitativo de la realidad en los alumnos de segunda etapa de E.G.B. desde un punto de vista cognitivo y del procesamiento de la información. Propuesta de innovación*. Tesis Doctoral. Universidad de Rovira i Virgili.
78. FERNÁNDEZ BRAVO, José Antonio (1999). *Efectos de la intervención-reconstrucción de situaciones problemáticas*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
79. FERNÁNDEZ CANO, Antonio (1991). *Impacto de la calculadora electrónica en la educación matemática primaria. Un estudio cuasiexperimental en el tercer nivel*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
80. FERNÁNDEZ DEL CAMPO SÁNCHEZ, José Enrique (1999). *Iniciación al cálculo aritmético con alumnos ciegos y deficientes visuales*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
81. FERNÁNDEZ ESCALONA, Catalina (2001). *Relaciones lógicas-ordinales entre términos de la secuencia numérica en niños de 3 a 6 años*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga.
82. FERNÁNDEZ GARCÍA, Francisco (1997). *Evaluación de competencias en álgebra elemental a través de problemas verbales*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

83. FERNÁNDEZ LAJUSTICIA, Alejandro (2000). *Precursores del razonamiento proporcional: Un estudio con alumnos de Primaria*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
84. FERNÁNDEZ MENDEZ, José Luis (1997). *Modelos TRI y TRC en la medida de la competencia en matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.
85. FERRER GILA, Juan Jesús (1981). *Modelo didáctico para la enseñanza de la geometría descriptiva*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
86. FIOL MORA, M<sup>a</sup> Luisa (1992). *Marco de desarrollo del razonamiento proporcional en alumnos de 12 a 14 años: Visualización y computación*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
87. FLORES MARTINEZ, Pablo (1995). *Concepciones y creencias de los futuros profesores sobre las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje. Evolución durante las prácticas de enseñanza*. Tesis. Doctoral. Universidad de Granada.
88. FONT MOLL, Vicenç (2000). *Procediments per obtenir expressions simbòliques a partir de gràfiques. Aplicacions a les derivades*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
89. FRONTERA SANCHO, María (1992). *Adquisición de los conceptos matemáticos básicos: Una perspectiva cognitiva*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
90. GAIRÍN SALLAN, Joaquín (1986). *Aprendizaje y cambio de actitud en la Didáctica Especial de las Matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona

- 
91. GAIRÍN SALLÁN, José María (1999). *Sistemas de representación de números racionales positivos. Un estudio con maestros en formación*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
92. GAOS MEIZOSO, M<sup>a</sup> Teresa (1984). *Variables psicológicas implicadas en el estudio de las matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna.
93. GARBÍN DALL' ALBA, Sabrina (2000). *Infinito actual: Inconsistencias e incoherencias de estudiantes de 16-17 años*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
94. GARCÍA BLANCO, M<sup>a</sup> Mercedes (1997) *Análisis de conocimiento profesional del profesor de matemáticas de enseñanza secundaria y el concepto de función como objeto de enseñanza-aprendizaje. Aportaciones metodológicas*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
95. GARCÍA CRUZ, Juan Antonio (1998). *El proceso de generalización desarrollado por alumnos de Secundaria en problemas de generalización lineal*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
96. GARCÍA ESPINEL, Ana Isabel (1997). *¿Es relevante la discrepancia Ci-rendimiento en el diagnóstico de las dificultades de aprendizaje en aritmética?* Tesis doctoral. Universidad de la Laguna.
97. GARCIA ROA, Antonio Jesús (1987). *Pruebas de rendimiento en matemáticas. Ciclo superior de EGB*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
98. GARCÍA SUAREZ, Jenaro (1998). *Interacciones contextuales en la dinámica de la matemática*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

99. GARRIDO GIL, Carlos Fulgencio (1991). *La heurística en la solución de problemas: Un enfoque cognitivo*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
100. GASCÓN PÉREZ, Joseph (1989). *El aprendizaje de métodos de resolución de problemas de matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
101. GAVILÁN BOUZAS, Paloma (2001). *Aprendizaje cooperativo en matemáticas en el nivel de Educación Secundaria Obligatoria. Proceso global de aprendizaje*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
102. GIL CUADRA, Francisco (1999). *Marco conceptual y creencias de los profesores sobre evaluación en matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
103. GIMÉNEZ RODRÍGUEZ, Joaquín (1991). *Innovación metodológica de la didáctica especial del número racional positivo. (Diagnóstico cognitivo y desarrollo metodológico)*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
104. GÓMEZ ALFONSO, Bernardo (1994). *Los métodos de cálculo mental en el contexto educativo: Un análisis en la formación de profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
105. GÓMEZ CHACÓN, Inés M<sup>a</sup> (1997). *Procesos de aprendizaje en matemáticas con poblaciones de fracaso escolar en contextos de exclusión social. Las influencias afectivas en el conocimiento de las matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
106. GÓMEZ GARCÍA, Melchor (2002). *Estudio teórico, desarrollo, implementación y evaluación de un entorno de enseñanza colaborativa con soporte informático CSCL para matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. *NO ANALIZADA*

- 
107. GÓMEZ I URGELLES, Joan (1998). *Contribució a l'estudi dels processos de modelització a l'ensenyament/aprenentatge de les matemàtiques a nivell universitari*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
108. GONZÁLEZ ASTUDILLO, M<sup>a</sup> Teresa (2002). *Sistemas simbólicos de representación en la enseñanza del análisis matemático: Perspectiva histórica acerca de los puntos críticos*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
109. GONZÁLEZ HERRERO LÓPEZ, M<sup>a</sup> Elena (1995). *Un análisis comparativo de los sistemas curricular, metodológico y de evaluación en el área de matemáticas entre España y los países francófonos europeos: Implicaciones para el rendimiento académico*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
110. GONZÁLEZ MARÍ, José Luis (1995). *El campo conceptual de los números naturales relativos*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
111. GONZÁLEZ RAPOSO, Salvador (1981). *Factores que influyen en el aprendizaje del vocabulario matemático*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
112. GOÑI ZABALA, Jesús M<sup>a</sup> (1999). *La evaluación en matemáticas dentro de una visión constructivista del currículum: Una experiencia*. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco.
113. GORGORIÓ SOLA, Nuria (1994). *Estratègies, dificultats i errors en els aprenentatges de les habilitats espacials*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
114. GUILERA I AGÜERA, Lorenç (2002). *Vías de acceso conceptual en la resolución de problemas. Importancia de los estímulos sensoriales*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

115. GUILLÉN SOLER, Gregoria (1997). *El modelo de Van Hiele aplicado a la geometría de los sólidos. Observación de procesos de aprendizaje*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
116. HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ, Josefa (1997). *Sobre habilidades en la resolución de problemas aritméticos verbales, mediante el uso de dos sistemas de representación yuxtapuestos*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
117. HIDALGO DÍEZ, Eugenio (1987). *Motivación y rendimiento escolar en el área de matemáticas en octavo de E.G.B.* Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
118. HUERTA PALAU, Manuel Pedro (1997). *Los niveles de Van Hiele en relación con la taxonomía solo y los mapas conceptuales*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
119. HUGUET CANALIS, Ángel (2000). *Lenguaje y rendimiento escolar. Estudio del conocimiento matemático en los contextos bilingües asturiano y aragonés*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
120. IBANES, JALÓN, Marcelo (2000). *Aspectos cognitivos del aprendizaje de la demostración matemática en alumnos de primer curso de bachillerato*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
121. IZCUE ANCÍN, Maravillas Ana (1991). *Bases para la medida de un aprendizaje matemático*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
122. JAIME PASTOR, Adela (1993). *Aportaciones a la interpretación y aplicación del modelo de Van hiele: La enseñanza de las isometrías del plano. La evaluación del nivel de razonamiento*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

- 
123. JIMÉNEZ FRIAS, Rosario (1988). *Factores cognitivos en el aprendizaje de las matemáticas elementales*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
124. JOVER CAO DE BENOS, Fernando (1989). *Evaluación de las matemáticas en Bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
125. LABRAÑA BARRERO, Pedro Antonio (2001). *Evaluación de las concepciones de los alumnos de COU y Bachillerato acerca del significado del cálculo integral*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
126. LAGO MARCOS, M<sup>a</sup> Oliva (1992). *Análisis estructural de la adquisición y desarrollo de la habilidad de contar*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
127. LIZCANO FERNÁNDEZ, Emmanuel (1991). *Para una arqueología de las matemáticas: El problema de los números negativos en China y Grecia*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
128. LLINARES CISCAR, Salvador (1988). *Las creencias sobre la naturaleza de las matemáticas y su enseñanza en estudiantes para profesores de Primaria: Dos estudios de casos*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
129. LLOPIS PÉREZ, Jaume (2001). *Una semiótica de las matemáticas: Gramaticalidad, comunicatividad y esmulatividad*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
130. LLORENS FUSTER, José Luis (1994). *Aplicación del modelo de Van Hiele al concepto de aproximación local*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

131. LÓPEZ BARAJAS ZAYAS, Emilio (1976). *Prueba objetiva de conocimientos y aptitudes básicas para matemáticas: Segundo ciclo de Enseñanza General Básica*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
132. LÓPEZ DE LOS MOZOS GARCÍA-NÚÑEZ, Antonia (2001). *Desarrollo de las operaciones de sumar y restar: Comprensión de los problemas verbales*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
133. LÓPEZ PUIG, Anna (1982). *Psicología del aprendizaje de las matemáticas y fracaso escolar*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona
134. LOPEZ ROMÁN, Jesús (1977). *Condiciones socioculturales en la adquisición del concepto de “conservación” de la cantidad, sustancia, peso y volumen: Psico-génesis de las nociones lógico-matemáticas y físicas*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
135. LÓPEZ SALAS, José Luis (1988). *La geometría y la proporción en la arquitectura ovetense*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
136. LOZANO FERNÁNDEZ, M<sup>a</sup> José (2001). *Desarrollo evolutivo de las estrategias de cálculo mental en la educación Primaria*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
137. LUENGO GONZÁLEZ, Ricardo (1990). *Utilización de LOGO en el entorno Hypercard. Un intento de utilizar el ordenador en la enseñanza de una manera no convencional*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
138. LUKAS MÚGIKA, José Francisco (1990). *Trebetasun eta errendimendu matematikoa testuiguru elebiduneait*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.

- 
139. LUNA AGUAYO, Rolando (2001). *Influencia del aprendizaje cooperativo y la activación de la meta-cognición en una didáctica comprensiva de la geometría euclidiana*. Tesis doctoral. Universidad Ramón Llull.
140. MAILLO SÁNCHEZ, José M<sup>a</sup> (1976). *Interacción entre el factor espacial de la inteligencia y los sistemas de representación que utiliza la geometría descriptiva*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
141. MAIZ OLAZABALAGA, Inmaculada (1998). *La interacción social en el proceso de enseñanza-aprendizaje: Estudio empírico de los mecanismos de influencia educativa en la adquisición de figuras geométricas*. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco.
142. MARCHENA CONSEJERO, Esperanza (1996). *Un programa de control de estímulos y formación de conceptos en niños de Educación Infantil*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
143. MARÍ MOLLA, Ricard (1996). *Evaluación del rendimiento en matemáticas: Estudio métrico diferencial de la escala Keymath-revised*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia
144. MARÍN GARCÍA, Santiago (2000). *El aprendizaje cooperativo. Una propuesta metodológica de atención a la diversidad para el área de matemáticas en la Educación Secundaria Obligatoria*. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura.
145. MARTÍN AMADOR, M<sup>a</sup> Esther (1998). *Creencias y prácticas del profesorado de Primaria en la enseñanza de las matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad La Laguna.
146. MARTÍNEZ ARIAS, M<sup>a</sup> Rosario (1977). *Aptitudes, personalidad y rendimiento en matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

147. MARTÍNEZ DELGADO, Alberto (1994). *La resolución mental de ejercicios y problemas. Implicaciones didácticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
148. MARTÍNEZ MONTERO, Jaime (1995). *Los problemas aritméticos elementales verbales de una etapa, desde el punto de vista de las categorías semánticas, en los cursos 3º, 4º y 5º de E.G.B./Primaria*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
149. MARTÍNEZ RECIO, Ángel (1999). *Una aproximación epistemológica a la enseñanza y el aprendizaje de la demostración matemática*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
150. MAZA GÓMEZ, Carlos (2000). *Análisis de la formulación y resolución de problemas porcentuales de cambio en estudiantes para maestro*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
151. MEAVILLA SEGUÍ, Vicente (1998). *Algunas contribuciones al estudio de la influencia de las interacciones verbales sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje del álgebra elemental*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
152. MEDRANO CALLEJAS, Gabriel (1988). *Un modelo de intervención orientadora y su incidencia en Matemáticas y Ciencias Naturales al finalizar la E.G.B.* Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
153. MÉNDEZ BARRANTES, Zayra (1981). *Evolución y aprendizaje genético de nociones geométricas en niños costarricenses*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
154. MÉNDEZ VALENTÍN, Luis (1996). *Análisis de los conocimientos geométricos preuniversitarios y su influencia en la formación de los alumnos de las Escuelas Técnicas*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

- 
155. MIÑÁN ESPIGARES, Antonio (1996). *Resolución de problemas en alumnos con necesidades educativas especiales*. Tesis. Doctoral. Universidad de Granada.
156. MIRA CASTERA, M<sup>a</sup> Rosa (1986). *Les matematiques a pre-escolar*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
157. MOLINA ORTÍN, Carmen (1999). *Integración del invidente en la clase de matemáticas: Un estudio comparado del aprendizaje de la geometría entre niños videntes e invidentes*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
158. MONJAS ANAYA, Carmen (1999). *Dificultades conceptuales y de cálculo en el análisis infinitesimal manifestadas por los alumnos de Bachillerato. Procedimientos de apoyo y su repercusión en la formación del profesorado*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
159. MONTANUY FILLAT, Manel (1999). *Diagnóstico y tratamiento de algunas cuestiones de la teoría de números en la enseñanza elemental dentro del campo de la divisibilidad*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
160. MORALES MARTÍNEZ, M<sup>a</sup> Soledad (1999). *Aprendizaje del cardinal número. Conflicto cognitivo y cambio conceptual microgenético*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
161. MORENO MORENO, M<sup>a</sup> del Mar (2000). *El profesorado universitario de matemáticas. Estudio de las concepciones y creencias acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. Estudio de casos*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
162. MORILLO BALSERA, Carmen (1998). *La enseñanza asistida por ordenador: Aplicación a las matemáticas*. Tesis doctoral. Politécnica de Madrid.

163. MONTAGNINI MAGDA, Ivonete (1992). *Evaluación de la eficacia de un programa de perfeccionamiento de profesores para potenciar et desarrollo cognitivo de los alumnos*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
164. MUÑOZ SAN ROQUE, Isabel (2001). *Actitudes hacia la estadística y su relación con otras variables en alumnos universitarios del área de las Ciencias Sociales*. Tesis doctoral. Universidad de Comillas.
165. MURILLO RAMÓN, Jesús (2000). *Un entorno interactivo de aprendizaje con cabri-actividades aplicado a la enseñanza de la geometría en la ESO*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
166. NASSAR ALI, Mohamed (2000). *El efecto de enseñar algunas estrategias de resolución de problemas en la actualidad de los alumnos del 3º curso de la enseñanza preparatoria, al resolver problemas algebraicos verbales en Gaza-Palestina*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
167. NAVARREDONDA GÓMEZ, Ana Belén (1996). *Neuropsicología de la discalculia evolutiva: Su asociación con dislexia y su existencia como componente del síndrome de Gerstmann del desarrollo*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
168. NAVARRO PELAYO SÁNCHEZ. Virginia (1994). *Estructura de los problemas combinatorios simples y del razonamiento combinatorio en alumnos de secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
169. NAVAS ARA, M<sup>a</sup> José (1993). *Aplicación de la teoría de respuesta al ITEM al campo de la medida: Creación de un banco de ITEMs para evaluar la capacidad matemática*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

- 
170. NEVOT LUNA, Antonio (2000). *Análisis crítico de los estilos de aprendizaje de los estudiantes de enseñanza secundaria y propuesta pedagógica para la enseñanza de las matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia. *NO ANALIZADA*
171. NODA HERRERA, M<sup>a</sup> Aurelia (2001). *Aspectos epistemológicos y cognitivos de la resolución de problemas de matemáticas, bien y mal definidos. Un estudio con alumnos del primer ciclo de la ESO y maestros en formación*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
172. NORTES CHECA, Andrés (1988). *El paso de las operaciones concretas a las formales: Un análisis en el dominio de las Matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
173. NÚÑEZ DEL RIO, M<sup>a</sup> Cristina (1994). *Dificultades de aprendizaje en el área de matemáticas en una muestra de deficientes mentales. Estudio experimental*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
174. OLIVERAS CONTRERAS, M<sup>a</sup> Luisa (1995). *Etnomatemáticas en trabajos de artesanía andaluza. Su integración en un modelo para la formación de profesores y en la innovación del currículo matemático escolar*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
175. ORTEGA PULIDO, Pedro (2002). *La enseñanza del álgebra lineal mediante sistemas informáticos de cálculo algebraico*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
176. ORTIZ BUITRAGO, José (2002). *Modelización y calculadora gráfica en la enseñanza del álgebra. Un estudio evaluativo*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.

177. ORTIZ COMAS, Alfonso (1997). *Razonamiento inductivo numérico. Un estudio en Educación Primaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
178. ORTIZ DE HARO, Juan Jesús (1999). *Significado de los conceptos probabilísticos elementales en los libros de texto de bachillerato*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
179. ORTIZ VALLEJO, M<sup>a</sup> Sagrario (1989). *La enseñanza de las matemáticas en los niveles elemental y medio. Su repercusión en la elección de carrera*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
180. PALAREA MEDINA, M<sup>a</sup> Mercedes (1998). *La adquisición del lenguaje algebraico y la detección de errores comunes cometidos en álgebra por alumnos de 12 a 14 años*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
181. PALAZUELO MARTÍNEZ, M<sup>a</sup> Marcela (1999). *Análisis de los factores implicados en el aprendizaje de las matemáticas. Bases para una propuesta de intervención*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
182. PENALVA MARTÍNEZ, M<sup>a</sup> Carmen (1996). *Estudio sobre la comprensión del concepto de número cardinal de un conjunto infinito*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
183. PÉREZ SANTAMARINA PICON, Elvira (1997). *Evaluación de las habilidades básicas en matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
184. PIFARRE TURMO, M<sup>a</sup> Mercedes (1998). *Estrategias de resolución de problemas matemáticos: Incidencia del uso de la hoja de cálculo en la enseñanza-aprendizaje de la proporcionalidad*. Tesis doctoral. Universidad de Lleida.

- 
185. PLANAS I RAIG, Nuria (2001). *Obstáculos en el aprendizaje matemático: La diversidad de interpretaciones de la norma*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
186. PLASENCIA CRUZ, Inés del Carmen (2000). *Análisis del papel de las imágenes en la actividad matemática. Un estudio de casos*. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna.
187. PLATA CASAI, M<sup>a</sup> Aurora (1998). *A aprendizaxe das matemáticas dende os modelos de medición cognitiva: A practica avaliativa dos e o seu encino como concepcions sobre a area e o seu encino como contexto de interaccion*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
188. PLAZA MENÉNDEZ, Pedro (2002). *Las matemáticas en la Educación de personas adultas*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
189. PORTO CASTRO, Ana M<sup>a</sup> (1994). *Efectos de un programa en el área de matemáticas con alumnos muy capacitadas*. Universidad de Santiago de Compostela.
190. PUIG ESPINOSA, Luis (1993). *Elementos para la instrucción en resolución de problemas de matemáticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
191. QUEVEDO PÉREZ, José Ramón (1999). *SAFE: Sistema de aprendizaje de funciones a partir de ejemplos*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
192. QUILES DEL CASTILLO, M<sup>a</sup> Luisa (1986). *La actitud y el rendimiento escolar en matemáticas: Un acercamiento multidimensional*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
193. QUINTANA ALBALAT, Jordi (1996). *Análisis del tratamiento de la geometría en el currículum de la educación primaria. Una propuesta didáctica y un*

- estudio de caso sobre las transformaciones geométricas*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
194. RAMÍREZ DE DAMPIERRE EZQUIROZ, Fernando (1978). *Aplicación de la técnica cinematográfica en la enseñanza de la geometría descriptiva*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
195. RANILLA PASTOR, José (1998). *Abanico: Aprendizaje basado en la agrupación numérica de intervalos continuos*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
196. REPARAZ ABAITUA, Rosario (1990). *El aprendizaje mediante ordenador en el aula*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
197. RICHARD, Philippe (2000). *Modélisation du comportement en situation de validation. Diagnostic sur les stratégies de preuve et sur leur raisonnement employés en géométrie par des élèves de niveau secondaire*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
198. ROA GUZMÁN, Rafael (2000). *Razonamiento combinatorio en estudiantes con preparación matemática avanzada*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
199. ROCHERA VILLACH, M<sup>a</sup> José (1996). *Interactividad e influencia educativa: Análisis de algunas actividades de enseñanza y aprendizaje de los primeros números de la serie natural en Educación Infantil*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. *NO ANALIZADA*
200. RODRÍGUEZ LIBERADO, Edvirges (1999). *Efectos de una intervención en los conocimientos y actitudes de profesores de matemáticas a nivel de primer grado menor*. Tesis doctoral. Universidad de Deusto.

- 
201. RODRÍGUEZ LAJO, Mercedes (1985). *Incidencia de la evaluación en el rendimiento de los universitarios en estadística aplicada*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
202. RODRÍGUEZ MARCOS, Purificación (1991). *Análisis de los procesos cognitivos que conducen a la adquisición y desarrollo de la propiedad conmutativa*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
203. ROJAS GUZMÁN, Gonzalo (1991). *Un sistema tutorial inteligente aplicado a la enseñanza de la geometría*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
204. ROMERO ALBALADEJO, Isabel M<sup>a</sup> (1995). *La introducción del número real en Educación Secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
205. ROMERO MARTÍNEZ, Leocadia (1991). *Un modelo didáctico para la adquisición del concepto de límite*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
206. ROSICH I SALA, Nuria (1995). *Els nivells de pensament geomètric i resolució de problemes geomètrics amb alumnes sords i oients: Implicacions pedagògiques*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
207. RUESGA RAMOS, M<sup>a</sup> Pilar (2002). *Educación del razonamiento lógico matemático en educación infantil*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
208. RUIZ HIGUERAS, Luisa (1993). *Concepciones de los alumnos de secundaria sobre la noción de función: Análisis epistemológico y didáctico*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

209. RUIZ LÓPEZ, Francisco (2000). *La Tabla-100: Representaciones geométricas de relaciones numéricas. Un estudio con profesores de Primaria en formación*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
210. SÁENZ BARRIOS, Oscar (1975). *Modelo experimental para el análisis del programa escolar: Aplicación del área matemática en el 5º nivel de E.G.B.* Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
211. SÁENZ CASTRO, César (1995). *Intuición y matemática en el razonamiento y aprendizaje probabilístico*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
212. SÁNCHEZ COBO, Francisco Tomás (1998). *Significado de la correlación y regresión para los estudiantes universitarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
213. SÁNCHEZ GARCÍA, M<sup>a</sup> Victoria (1989). *Los constructos de dos estudiantes para profesores de Primaria acerca de las matemáticas y su enseñanza. Influencia de las prácticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
214. SÁNCHEZ GÓMEZ, M<sup>a</sup> Carmen (1997). *Estudio estadístico sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la noción de límite de una función*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
215. SÁNCHEZ HUETE Jun Carlos (1997). *Análisis de los libros de texto de matemáticas del ciclo medio de la Educación General Básica*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
216. SÁNCHEZ OREJA, Elena (1999). *Pasado, presente y futuro de la enseñanza y uso de matemática aplicada en la escuela técnica superior de ingenieros agrónomos*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

- 
217. SANTOS QUINTANILLA, Aurelia Rebeca (2000). *Factores que inciden en el rendimiento escolar en educación primaria indígena en la Republica Mexicana*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
218. SANZ LERMA, Inés (1995). *La construcción del lenguaje matemático a través de los libros escolares de matemáticas. Configuraciones gráficas de datos*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
219. SCAGLIA, Sara Beatriz (2000). *Dos conflictos al representar números reales en la recta*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
220. SEGOVIA ALEX, Isidoro (1995). *Estimación de cantidades discretas: Estudio de variables y procesos*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
221. SEGURA LORES, M<sup>a</sup> José (2001). *L'estudi de les funcions utilitzant el full de càlcul com a eina de treball: Anàlisi d'un procés constructiu basat en la manipulació i la visualització*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
222. SERRANO GONZÁLEZ TEJERO, José Manuel (1982). *Un estudio de validación convergente para la determinación de niveles genéticos en la adquisición del concepto de número*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
223. SERRANO ROMERO, Luis (1996). *Significados institucionales y personales de objetos matemáticos ligados a la aproximación frecuencial de la enseñanza de la probabilidad*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
224. SERVAT I SUSAGNE, Jordi (1996). *Modelo de Van Hiele para la adquisición de los teoremas de equidescomposición del concepto y cálculo del área de figuras geométricas*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

225. SIERRA VÁZQUEZ, Modesto (1989). *La reforma de la enseñanza de las matemáticas después de la Segunda Guerra Mundial: Aportación del Centre Belge de Pédagogie de la Mathématique (C.B.P.M.)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
226. SILVA LABARCA, Lila (1987). *Creatividad y matemática*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
227. SIMO GIL, Nuria (1996). *Las múltiples caras de las matemáticas escolares a través de los diferentes entornos de decisión curricular. Un estudio de caso*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
228. SIÑERIZ, Liliana Eva (2000). *La enseñanza de la resolución de problemas de regla y compás. Del mundo de la pura resolución de problemas a la escuela media argentina: Un estudio de dos casos*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
229. SORIANO AYALA, Encarnación (1993). *Estrategias de aprendizaje, edad de adquisición secuenciación de los conceptos matemáticos en niños de seis a ocho años*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
230. STEREN DOS SANTOS, Beatriz (1996). *Interacción entre iguales y procesos de aprendizaje mediatizados por ordenador. Análisis e intervención en contexto escolar*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
231. TAUBER, Liliana Mabel (2001). *La construcción del significado de la distribución normal a partir de actividades de análisis de datos*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
232. TELLADO GONZÁLEZ, Fernando (2000). *Programa cognitivo de intervención en dificultades lógico-matemáticas*. Tesis doctoral. Universidad de Vigo.

- 
233. TOMÁS FOLCH, Marina (1990). *Los problemas aritméticos en la Enseñanza Primaria. Estudio de dificultades y propuesta didáctica*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
234. TORRALBO RODRÍGUEZ, Manuel (2001). *Análisis cientimétrico, conceptual y metodológico de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática (1976-1998)*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
235. TURÉGANO MORATALLA, Pilar (1994). *Los conceptos en torno a la medida y el aprendizaje del cálculo infinitesimal*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
236. UÑA JUÁREZ, Isaías (1995). *Propuesta de una metodología docente para el concepto de determinante en matemáticas de COU*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
237. VALLECILLOS JIMÉNEZ, Angustias (1992). *Estudio teórico-experimental de errores y concepciones sobre el contraste estadístico de hipótesis en estudiantes universitarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
238. VANDERLEI SILVA, Félix (1999). *Educação matemática no Ensino Médio. Enfoque teórico e práctico da avaliação praticada pelos professores de matemática da rede pública de ensino da região metropolitana de Porto Alegre-RS- Brasil*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
239. VECINO RUBIO, Francisco (1996). *Los aspectos métricos de la representación del espacio en los primeros años de enseñanza elemental*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
240. VELASCO ACEBAL, Javier (1993). *Geometría aplicada al dibujo de la arquitectura: Tratamiento pedagógico*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

241. VELASCO TOSCANO, Javier (1994). *Desarrollo del conocimiento meta-lógico y del razonamiento lógico. La búsqueda de contraejemplos*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
242. VIDAL I RAMETOL, Salvador (2001). *Día del número. Motivación de la Matemática*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
243. VILA CORTS, Antoni (2001). *Resolució de problemes de matemàtiques: Identificació, origen i formació dels sistemes de creences en l' alumnat. Alguns efectes sobre l' abordatges del problemes*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
244. VILLAMIZAR VALENCIA, Saúl (2002). *Propuesta para la actuación permanente en matemáticas de los docentes de la I y II etapa en Educación básica*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
245. VILLEGAS QUEZADA, Carlos (2000). *Hacia un modelo de rendimiento escolar en Educación Primaria en el distrito federal, México: Factores que influyen en Matemáticas y Español*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid
246. YABAR MADINAVEITIA, José Manuel (1991). *Desenvolupament i potenciació d'alguns conceptes geomètrics mitjançant el llenguatge lògic*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
247. YÁNEZ MEJIAS, Gladys Violeta (2001). *Creencias de los profesores sobre la enseñanza de la lectura y la aritmética y la relación con el rendimiento*. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna.
248. ZORROZA RUESTA, Jesús (1998). *Resolución de problemas matemáticos: Estudio experimental de los procesos cognitivos*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

ANEXO IV

**DISCURSO**  
LEIDO  
**EN LA UNIVERSIDAD CENTRAL**

POR  
*D. David Fernández Vellón y Benítez*

EN EL ACTO  
DE RECIBIR LA INVESTIDURA DE DOCTOR  
EN LA  
**FACULTAD DE FILOSOFIA**  
(sección de Ciencias Naturales-Matemáticas).



MADRID.  
IMPRENTA DE SANTIAGO AGUADO Y COMPAÑIA,  
CALLE DE LA ESPADA, N.º 9.  
1887.

Excmo. é Illmo. Señores:

**EL ESTUDIO DE LAS MATEMÁTICAS ES EL MAS GENERAL Y NECESARIO ORGANIZADOR DE LA INTELIGENCIA Y AUXILIAR DE LAS DEMAS CII**

Siempre lícito en esta ocasion solemne dirigiros mi voz y ocuparos acerca de un punto de aquel orden de conocimientos, que tengo la honrosa misión de profesar en esta Universidad. Tal preferencia es para mi una obligacion, aunque tácita, irrecusable, impuesta por mi posicion academica é intimada por mis particulares aficiones. Me propongo hablar de la grandeza é importancia de las ciencias matemáticas, y de lo que creo conveniente hacer para mejorar su ensenanza en nuestro pais, demostrando que: *El estudio de las matemáticas es el mas general y necesario como organizador de la inteligencia y auxiliar de las demás ciencias.*

Las matemáticas son el fundamento de uno de los tres grandes emporios del saber humano, y prescindiendo de si son ó no el mas principal, basta advertir que son el mas general y necesario, por cuanto, sin el conocimiento de las relaciones cuantitativas y numéricas de las cosas, siempre habrá un vacío inevitable en los archivos de la ciencia. Recorred las lodas y vereis que en las matemáticas reside para el astrónomo la resolución de los enigmas todos de su ciencia; que allá donde la astronomía sideral es impolente para la explicacion de los fenómenos, es donde precisamente el cálculo matemático carece de los datos necesarios para prestar su poderoso auxilio; para el navegante, son el puerto de su salvacion; para el geógrafo, el juriconsulto, el médico, el regulador de los mas encontrados principios; para el poeta, el literato, el publicista, la afinancia de sus espirituales aberraciones: todos, en una palabra, ven en las mat-

Si el filósofo es el primero que al cabo de mil y mil especulaciones mas ó menos caprichosas y gratuitas llega á conocer la verdad del que dijo: *Numeri regunt mundum*; las mas importantes de las ciencias políticas aplicadas, la estadística y la economía, han tenido que pedir la solución de sus problemas capitales á la ciencia del cálculo. Ahora bien; no un limitado conocimiento influjo del estudio matemático en todos y cada uno de los humanos conocimientos; por eso basta apelar al buen sentido, á falta del minucioso exámen, que habia de llevarme mas lejos de lo que puedo y aun pretendo llegar. Y, si al sentido comun se acude, ¿habrá alguno que pueda dudar de que, cuando en ciencias, que abrazan desde el espíritu á la materia, desde el mundo hasta la sociedad, desde el puro racionalismo hasta la inflexible necesidad de determinadas circunstancias, es influente, necesario y capital el estudio matemático; no puede menos de serlo en todas las demas, que llenan el vacío entre estos omnimodos extremos? Si se suprime por una abstracción el mundo de la cantidad, no es posible concebir el mundo de las relaciones; y una vez suprimido este, ¿qué pudiera hacerse del espíritu y de la naturaleza ni juntos, ni separados? Cualquiera que sea el ramo de los conocimientos humanos, que llame nuestra atención, es constante el punto de vista matemático bajo que puede considerarse directa ó indirectamente. Las matemáticas, decia un poeta de la ciencia, representan la justicia en el órden categórico de las creaciones, porque, ¿qué cosa es la justicia sino la cantidad y proporcion debidas en el todo, en las partes y entre estas y aquel?

Y ahora bien, ¿qué cosa espiritual ni material puede existir sin grado absoluto ó respectivo de proporcion y cantidad? Las matemáticas, que son la ciencia de esta relacion, se mezclan pues en todo, y son bajo cierto aspecto la base de toda especulacion científica.

Ahora; habiendo reconocido que las matemáticas son el estudio mas general de cuantos pueden ó deben figurar en la educacion y direccion del entendimiento; poco ó nada se necesita, para demostrar que tambien es necesario como organizador de la inteligencia y auxiliar de las demas ciencias. La evidencia y precision de los resultados matemáticos hace que su estudio sostenido engendre en el ánimo los hábitos felices del amor á la imparcial verdad y al rigor de un inflexible método, en todo procedimiento

Las matemáticas por si solas pueden pasar por todo un órgano científico ó sea un criterio incuestionable, susceptible de facilitar la aplicacion de las mas opuestas y encontradas cuestiones. No descenderé yo al terreno de las mas pueriles demostraciones: es hecho constante, que todo ingenio, que ha cultivado el dominio de las matemáticas, se ha elevado á grande altura sobre los demás de su categoria ó profesion.

Recordad, si os place, la série de los grandes génios que honraron la ciencia en todos tiempos, y vereis la verdadera razon por qué se remontaron como águilas en el horizonte de la filosofia especulativa, Leibniz, Descartes, Pascal, Newton, Euler, y casi en nuestros dias las dos lumbreras de la Alemania, Kant y ~~Kant~~.

Puesto que las matemáticas son organizadoras de la inteligencia, no pueden menos de reputarse como auxiliares de todas las ciencias. Son, pues, el género de saber regulador y ordenador, del cual no puede prescindir ningun otro conocimiento, por elemental ó sublime que en si sea.

La ciencia constituye al hombre en un estado reflejo y superior al del conocimiento comun ó estado precientífico; ahora bien, si en este primer grado de saber figura ya el rudimento de las matemáticas de una manera constante y necesaria, ¿cómo no deberia hacerlo en otro mas perfecto y elevado? Que asi pasa en la realidad lo pueden probar los hechos cotidianos de mas fácil observacion. El niño no sabe hablar hasta que puede distinguir el accidente del número en los nombres y verbos, cosa que, sea dicho de paso, no falta en lengua alguna. Lo último que aprende en verdad es á contar, como vulgarmente se dice; pero esto no significa que no sepa, casi antes de poder seguir conversacion, los mas precisos numerales: la única diferencia se halla, pues, en la mayor ó menor exactitud con que puede llenar determinadamente la série intermedia de valores desde uno hasta muchos, límites que necesita aprender desde los primeros vagidos de la existencia, y que tambien representan cantidades matemáticas, asi como todos los términos llamados con poco acierto pronombres indefinidos.

Mucho mas tarda en desarrollarse otra forma diferente y ya superior de contar, que es el cálculo natural, que se engendra aumentando ó disminuyendo, combinando ó construyendo las cantidades discretas ó continuas, segun vá haciendo falta á todos y cada uno de los individuos de la sociedad para las comunes necesidades, figurando como causa muy influente de este progreso relativo la propension al juego en sus diferentes

formas y el manejo y empleo de la moneda. Esta primera forma del cálculo, desenvuella espontáneamente y sin educación especial desde el seno de la familia, encierra ya el verdadero germen de todo tratado matemático, el cual no puede menos de estribar en la observación de lo que acontece calculando, en aquel primer grado y período de la inteligencia, que llamamos el sentido común. Sin embargo, el lenguaje vulgar apenas sabe apreciar tan interesante hecho, y solo dice que el niño empieza a contar, cuando despues de concurrir por cierto tiempo á la escuela, empieza á aprender *cuéntas*, y ved aquí otra acepción de la voz contar. Gracias, si al cabo de mucho tiempo ha aprendido lo que llaman las cuatro reglas y casi oada de quebrados, y, aunque mas haya adelantado en aritmética. Lo que sigue es- car de la escuela es una completa ignorancia en el modo de aplicar á los usos de la vida, y la imposibilidad de ejecutar conforme á los principios del cálculo, aquello mismo, que los mayores en su casa, sin haber saludado las cuentas y hasta sin saber leer y escribir, resuelven con la mayor facilidad y prontitud.

Vese, pues, que la facultad del cálculo se desarrolla en el hombre espontánea y naturalmente desde su mas tierna edad, y cuanto basta á la satisfacción de las comunes necesidades, que produce el trato social, y esto es una educación especial, que dirija favorablemente tan importante y transcendental desarrollo.

Una vez colocado en semejante punto de vista, no puedo ya menos de reconocer que, si es cierto que ninguna aptitud del hombre (desde la mas esencial para la vida de relacion entre hombres, que es el lenguaje) puede desenvolverse y dar útiles resultados, como la del cálculo natural no marche al par de todas, y si por otra parte es evidente que toda facultad humana puede y debe recibir el sello de una educación directa y especial con tendencia al mejoramiento y á alcanzar la plenitud en el ejercicio de la profesion respectiva, para que llegue á producir todos los felices resultados de que es susceptible: nada tanto como las matemáticas merece el particular aprecio y predileccion de parte del Estado, tratándose de educación pública. Y no se diga que esta apología de la facultad natural de calcular contradice la necesidad de una educación pública matemática, porque tanto valdría decir que la Lógica, la Retórica y todos los conocimientos y artes no necesitan cultivo especial y educación clásica, porque se desarrollan libremente y á veces con brillantez en varios de los individuos de la es-

pecie humana. Pasemos ya á las consecuencias de nuestra doctrina. Las consecuencias de aplicación práctica de toda doctrina pueden ser intelectuales, morales y políticas. Tratar, pues, de exponer por su órden las que alcanzo en materias matemáticas.

La primera y mas importante de las consecuencias intelectuales se puede formular de este modo: dado que la facultad del cálculo se desarrolla desde los primeros destellos de la vitalidad, y progresa naturalmente con todas las demás facultades, y que no puede menos de considerarse como un auxiliar mas ó menos directo de todos los demás conocimientos humanos; las matemáticas, que son la forma constituida de su estudio, y el método matemático, que es la constituyente, deben ser la base de toda educación intelectual. Esta fórmula no necesita demostrarse, pues no es sino la consecuencia legítima de los razonamientos expuestos; sin embargo, debo declarar algo en razon de la determinacion intelectual que representa. No hay un industrial, no hay un artista, no hay un público funcionario, no hay un científico, que deje de necesitar en gran manera el eficaz auxilio de la ciencia del cálculo; pero debe añadirse que esta necesidad, si bien siempre constante, presenta exigencias de diferente grado en cada uno de los oficios y servicios, que el hombre está llamado á desempeñar, y en cada uno de los diferentes ramos del saber, que puede cultivar su inteligencia.

En muchos de estos oficios y conocimientos, la Arquitectura, el Arte militar, la Astronomía, el Comercio, etc., se requiere con efecto un grado de desarrollo mayor ó mas especial del conocimiento matemático, y como quiera que en tal caso la ciencia principal no puede dominarse por el su- geto sin el correspondiente adelanto en la accesoría ó cálculo, no bastará averiguar si los resultados de la primera y aun sus teorías generales agrandan al educando ó encuentran eco entre el número de sus aptitudes, no bastará en una palabra saber si en general constituyen su vocacion, si, como puede suceder, se halla escasamente dispuesto para cultivar la segunda.

Raras veces, sin embargo, suele pararse la atención en este necesario exámen, siendo lo mas frecuente (y gracias si aun esto se hace) observar si el jóven tiene mas ó menos inclinacion hácia un género dado de conocimientos. Tan errónea marcha reconoce por origen dos causas: primera, el no admitir en las aptitudes mas que disposiciones generales, y no particu- lares y especialísimas, como deben reconocerse; y segunda, y mas capitiul

el creerse que el estudio de las matemáticas no vale más que para auxiliar de ciertos conocimientos, que constituyen las matemáticas mixtas ó aplicadas.

De lo primero no me incumbe hablar, de lo segundo ya he dicho lo bastante. Con todo, deseo hoy coger mi humilde idea bajo la égida de dos de nuestros mas condecorados y afamados escritores. Y por cierto que no era fácil que la ilustrada reputación de los Jovellanos y los Balmes dejara de reconocer á fuer de verdaderos sabios la importancia de los estudios científicos y en especial matemáticos.

«Las matemáticas, dice Jovellanos, solo dan culto á la verdad demostrada; son ciencias que el hombre mismo inventó y llevó á cabo hasta la mayor altura. Ellas son el grande, el poderoso instrumento de la razon humana. Son las precursoras de la verdad, y sus inseparables compañeras. Nada hay en su jurisdiccion de ambiguo ni dudoso. Nada que no sea cierto y demostrado. El escepticismo se postra ante su imágen, y el error huye avergonzado de sus confines. Con estas alas vuela seguro nuestro espíritu desde los principios mas sencillos, indicados por la naturaleza, hasta las verdades mas altas colocadas sobre sus inmensas regiones. Ningunas perfeccionan tanto nuestro ser, ningunas le ennoblecen mas. ¡Hay, por ventura, un objeto mas grande, mas digno de nuestra contemplacion, que ver el débil espíritu del hombre levantado por esas ciencias á tanta altura, pesando las inmensas aguas del Océano, averiguando el tamaño, la distancia y el movimiento de los planetas, midiendo su luz y sus espléndidos caminos, y sujetando á sus cálculos el infinito mismo?»

«Las matemáticas, dice Balmes, son la llave general para todas las ciencias naturales; un medio necesario para todas las operaciones, que exigen conocimientos de su naturaleza, porque la naturaleza no revela su secreta á quien la pregunta desposeído de la geometria y del cálculo, y sus producciones se resisten al manejo de quien no se haya preparado con la adquisicion de los poderosos auxilios. Nada hay mas matemático que la misma naturaleza, y el filósofo que llamó á Dios el Gran Geómetra, dijo una gran verdad.»

Pasemos ya á las consecuencias morales. Estas son, con cortas diferencias, análogas á las religiosas; y así, para el presente caso nos proponemos reunir las bajo una sola denominacion.

Lo que hay que salvar en este punto, lo que conviene proclamar en alta

voz, es la utilidad y conveniencia, mas, la absoluta necesidad del estudio matemático bajo el punto de vista moral y religioso.

Muchos hay, sin embargo, que, contra cuanto dictan la razon y el buen sentido, han declamado contra el estudio de las matemáticas, y esto por considerarle como perjudicial ó contrario al principio religioso y á las buenas costumbres.

Nada hay, con todo, mas opuesto á la verdad que semejante aserto, hijo de las mas ciegas preocupaciones.

En primer lugar, mirado el asunto en tésis general, no puede menos de observarse que, consiéndolo toda ciencia en el desarrollo de la inteligencia, con el que, sin oposicion de religion alguna, se ha honrado la humanidad, no puede menos de ser el cultivo de la misma ventajoso, saludable, y tan moral como piadoso; y no siendo las matemáticas sino un ramo particular de la ciencia, imposible es suponer que su conocimiento ó estudio haya de rebajar en lo mas minimo el mérito moral ó religioso de los que puedan cultivarlas. Por otra parte, el saber es una de las calidades mas elevadas de nuestra limitada naturaleza espiritual; y el cultivo de cualquier ramo del saber conduce nada menos que á dos notables resultados: á elevar nueetra razon haciéndonos mas semejantes á Dios, y á adorar á Dios en sus obras, lo cual de ningún otro modo puede hacerse mejor que comprendiéndolas y estudiándolas.

Si del principio descendemos á las aplicaciones, ¿podrá concebirse como nociva á costumbres y creencias una ciencia que hace hallar al viajero su patria, al músico su armonia, al poeta su gracioso ritmo, al artífice la simetria de sus modelos, al ingeniero las mas atrevidas y útiles construcciones, y á todos, en una palabra, la medida, la proporcion, la exactitud, el número y la armonia de los diferentes objetos, resultado de sus respectivas actividades?

Grandes genios, nada sospechosos bajo el punto de vista de la ilustracion y la religiosidad, podrán venir á confirmar lo que no bago mas que adelantar, en virtud de un presentimiento sincero y bien intencionado. Balmes mismo, para no salir de autoridades nacionales, tanto mas apreciables cuanto mas haya confirmado una póstuma celebridad la gloria de su mérito, Balmes viene en apoyo de estos asertos en las brillantes páginas de uno de sus escritos, en que proclama la excelencia é inocuidad de los estudios matemáticos.

“Los grandes matemáticos, los grandes sabios son irreligiosos. — ¿Quién ha tenido la osadía de pronunciar esa falsedad? Quién ha esperado ese día que apocan los corazones rectos y tímidos, tan erradas como lunetas, orgullosos? ¿Con qué verdad, y echan á perder los atrevidos y círcos que los grandes matemáticos eran irreligiosos? El que tal diga es un profundo ignorante en la historia literaria y científica? El que tal diga es un sin embargo, me atrevo á decirle que yerra, y para sostener mi aserto, le emplazo con la historia en la mano, y esto comprendiendo hasta estos últimos tiempos, basta el día de hoy. ¿Fue acaso irreligioso el célebre Pascal, á quien debe tantos adelantos la geometría y el cálculo? Lo fue, le pidió treinta años y estaba ya en victorioso palenque con los primeros matemáticos de Europa, y que en sus célebres pensamientos respira la convicción religiosa mas profunda? ¿Lo fueron Fermat, Cavalini y Malebran- che, el inmortal baron de Leibnitz, que parte con Newton la gloria de haber inventado el prodigioso cálculo infinitesimal? ¿Lo era el gran Newton, después de haber sujetado á su profundo cálculo los fenómenos de la tierra y del cielo, habia encontrado por todas partes y con tanta evidencia el angusto dedo del Todopoderoso, y habia concebido un respeto y veneracion tales hacia el criador de tan profundos portentos, que al pronunciar- se en su presencia el nombre de Dios, inclinaba respetuosamente su cabeza? No, la inteligencia divina no está recida con su hermoso destello, que es la inteligencia humana, y la religion y la naturaleza, como emanadas del mis- mo principio, no temen por ningun lado la luz, porque están seguras de la brillante victoria, que acarrearán á su alianza por precision las investiga- ciones profundas y cotejos mas detenidos.”

Finalmente, de mas seño exámen son las consecuencias políticas; la mas importante de todas, en mi juicio, es la de que, dada la importancia y universalidad de las matemáticas, cumple al poder supremo y organizador del Estado propagar el estudio de aquellas ciencias por todas las clases de la sociedad, y en especial por las facultades y profesiones del Estado, segun la relativa necesidad, que, prescindiendo del cuanto, tienen todas del cálculo. Mas ya que al principio he señalado alguno de los males, que en esta parte tan capitalísima del desarrollo intelectual asigen á todos los órdenes de la consecuencia, señalaré de paso el correctivo que aproximadamente pudiera ope-

nérseles para que tan noble funcion se ejerza en mayor beneficio moral, intelectual y nacional de las ciencias, y con los felices resultados que solo fuera dable alcanzar á la mas exacta, severa y organica de todas ellas.

No olvidemos que el niño aprende el arte de contar por el lenguaje en el uso comun de hablar dentro del seno de la familia, y que para que la instruccion publica abraza una organizacion completa de los estudios matemáticos, debe infuir tambien privadamente en el mas pronto y perfecto desarrollo de este primer estado germinal del cálculo. En su primer período, la enseñanza del cálculo en las escuelas primarias se delega, y naturalmente corregrit este defecio organico-proporcional, que en toda enseñanza elemental primaria tuvierá cabida constante y progresiva una buena metodología y compendiosa exposicion teórico-práctica del cálculo matemático desde sus mas primordiales elementos hasta donde pudiese prudente, dada la edad de los alumnos, ó hasta donde pudiera alcanzarse, dada por otra parte la capacidad individual de los mismos. Profeso tambien la opinion de que la enseñanza debe apartarse en lo posible del carácter de generalidad en el sistema de comunicacion de los conocimientos escolásticos, y por consiguiente, creo que esta debe propender á la mayor individualidad posible del profesor para con el alumno. Solo en esta tendencia, acertadamente secundada, podria hallarse la seguridad del aprovechamiento mas cumplido de las diferentes capacidades y aptitudes de los escolares desde su mas tierna edad. Pero no incumbiéndome hoy la explanacion de este sistema, que me llevaria por poco á una digresion impropia del momento, me contentare con obserrar que, á falla de la primera educacion matemática que se recibe en las escuelas primarias, ó es muy incompleta, la que puede tener lugar en la segunda enseñanza, cuando la atencion se halla ya necesariamente distraida por la gravedad de otros estudios serios y muy complejos, ó si se tiende á establecer una enseñanza suficientemente lata (aun sin pasar de elemental), quedan infructuosos los esfuerzos del mas celoso profesor, y aun á veces cobran tédio á tan excelente estudio aquellos mismos discípulos, que bajo de otras circunstancias, y á favor de una disposicion mas acertada de los elementos, habrian contribuido acaso al aumento de las glorias literarias y científicas de su patria. A quien pudiera estranar la novedad de esta consecuencia, diremos, que no solo hay una relacion absoluta entre un estudio y las disposiciones mentales del alumno, de que resulta la capacidad mayor ó menor de este para hacer adelantos en aquel.

si que hay otras varias relativas y no menos poderosas, como son la edad en que se inicia el aprendizaje, los estudios que se hacen acompañar al de que se trata, el método, que se siga, no solo en su exposición escolástica, si que muy principalmente en el método académico de los cursos y enseñanzas. Porque, efectivamente, ¿qué fruto puede sacar de los cursos y enseñanzas y de inmensa aplicación, como es el de las matemáticas, el alumno, que, sin haber percibido desde la más tierna edad hasta el primer año de filosofía ninguna de las aplicaciones de las mismas, se vé de pronto obligado á estudiar las áridas teorías y las descarnadas operaciones del cálculo? Este mal es el que ha hecho creer á muchos que semejante estudio podría omitirse para seguir con brillantez y perfección casi todas las carreras del estado. ¿es importante la Ciencia ó no lo es; si lo primero, ¿cómo omitirla? si lo segundo, ¿por qué se acepta en parte?

En suma, cuál sea mi opinión en la resolución de cuestión tan grave, bien se desprende de lo poco, que he expuesto con franqueza, aunque limitado ingenio. Fuera pues de desear, que, después de organizada, cosa muy fácil al poder político, una enseñanza general común y elemental del cálculo para todas las clases y condiciones, se formalizase en especial su propiación desde las escuelas de párvulos y de primera enseñanza, y no de una manera empírica, sino correspondiente al sucesivo y correlativo desarrollo de las capacidades humanas, unas con otras y á la par de otras.

Sería muy útil que en la segunda enseñanza, en el período de la latitud, se continuase tal estudio convenientemente, pues de otro modo, es decir, en la especie de interrupción, que hoy padece, se admite tácitamente el absurdo de que ó no debió enseñarse nada en el período de la enseñanza primaria, ó sea tan malo que merece olvidarse, ó por último que nada tienen de común aquellos rudimentos con los elementos científicos, que se esperan en los cursos de filosofía:

Converdría también que en la enseñanza de filosofía se diesen unos elementos completos de la ciencia pura, con las nociones más precisas y generales posibles de las matemáticas mistas, cosa indispensable para que el alumno pueda elegir entre muchas de las diferentes carreras ó estudios, cuya base precisamente dan tan solo las matemáticas mistas:

Por fin, no sería absurda la pretensión de que todas estas enseñanzas preliminares, adornadas del indicado aparato matemático elemental, fuesen indispensables para todas las carreras y profesiones del estado; porque lo

evilencia la razón, porque tiempo ha de llevar y no le jano en que no pueda menos de ser así, y porque lo contrario es admitir el principio irracional de que deben ó cuando menos pueden ocupar los puestos, reservados á la capacidad y al talento, capacidades y talentos inapece de conocer siquiera en sus elementos, la más general y aplicable de todas las ciencias. Y no es solo en su manera de enseñanza en lo que tanta mejora pueden recibir las ciencias exactas: la necesitan más transcendental aun en su organización íntima, en sus principios y en su método de exposición. Por lo mismo que ellas forman un conjunto armonioso, en que el instrumento de la demostración pone continuamente la unidad misma del entendimiento que las crea, se hallan más expuestas que cualquiera otro orden de ciencias, á reformas profundas, siempre que los conceptos fundamentales de que nacen, como un árbol de su raíz, pueden sufrir alguna alteración en su generalidad ó transcendencia. Los fundamentos matemáticos son esencialmente metafísicos, y la suerte de esta antigua reina de las artes, que con vario crédito ha dominado en la filosofía, no está aun decidida. Las revoluciones filosóficas, han de traer á la postre revoluciones en la organización, división y método de las matemáticas. Si esto hoy no se verifica de una manera perceptible, tiempo llegará en que borrados los lunares, que aun alean su hermosura, cegadas las lagunas, que interrumpen la continuidad de su forma, y reconocidas las raíces profundas, que hien echadas en la metafísica, no haya en esta un progreso ó una caída, que no se extienda á todo el edificio que sobre ella se levanta. Tan íntima es y tan armónica la unidad, que reina en el seno de la variedad de los humanos conocimientos!

Y de hecho: yo me permitiré tan solo notar la crisis por que la ciencia matemática va pasando hoy á impulsos de la revolución última y casi contemporánea, que se ha obrado en la filosofía especulativa. Por fortuna estas crisis no son temibles, sino ventajosas, utilísimas y necesarias para los últimos progresos de las ciencias exactas. Tienen estas el precioso privilegio de que todo el caudal de su riqueza material, todo lo adquirido por una demostración legítima, se conserva intacto, y se abren nuevas vías para más próximos aumentos.

Los esfuerzos de la filosofía crítica, para salvar la ciencia humana del escepticismo, resolviendo el problema del conocimiento humano, haciendo imposible el idealismo, á que necesariamente conducía el antiguo dogmatismo

mo metafísico, han dado mucha y muy clara luz acerca de los conceptos fundamentales de la cantidad, del número, del espacio, del infinito: han purgado las matemáticas del sensualismo de que venían impregnadas bajo la influencia de una filosofía esencialmente empírica; las han espiritualizado, derramando por todo su ámbito la pureza del racionalismo, y las han implantado sólidas y profundamente en el árbol ideal de la ciencia *à priori*. Los trabajos científicos de Kant y las construcciones filosóficas de Schelling, Hegel, y Krause, ¿cómo no habían de alcanzar á esta ciencia, que nada mas necesita, nada mas espera que el que se acaben de discutir y fijar sus eternos fundamentos?

Pocos han sido por desgracia los matemáticos, que se han poseído de este nuevo espíritu de reforma, que ha invadido la ciencia, y apenas nos es dado registrar en este bosquejo los nombres de Wronski que construye las matemáticas sobre las categorías kantianas, y anticipa trascendentales descubrimientos en las aplicaciones á la ciencia natural y humana; de Monferrier que sigue los mismos pasos y aclimata en Francia las sublimes elaboraciones del matemático ruso; de Vallés, que profundiza los fundamentos de la ciencia del cálculo; de Cournot, que discute los límites de la aplicación del álgebra á la geometría; de Renouvier, que aplica las luces de la crítica á la teoría de las funciones.

Y como el último de todos por su modestia, aunque no por su verdadero mérito, citaría tambien los trabajos de un profesor de esta Universidad central, mi querido amigo y compañero, á quien nombraría con orgullo, si sus escritos hubieran visto ya la luz y no leñera ofender su delicadeza resguardada ahora por su misma oscuridad. La inmensa trascendencia de la filosofía especulativa sobre las matemáticas, la he visto confirmada de la manera mas brillante y completa en sus opúsculos inéditos, ya terminados ó proyectados. De esperar es, que este primer ensayo filosófico-matemático hecho en España, señale un nuevo período en el estado de estas ciencias en nuestra nación, llegando tal vez á cambiar el fondo y la forma de ellas, aseándolas sobre sus bases naturales, y lo que es aun el *desideratum* de un buen sistema de instrucción pública, reconciliándola en su espíritu y en su cuerpo con el cuerpo y el espíritu de la ciencia filosófica general, y haciendo cesar el escandaloso divorcio, que hoy separa en nuestro país á matemáticos y filósofos.

Voy á concluir: cuánta materia pudiera prestar á mas prolongadas y

supremas investigaciones el interesante asunto, que me he atrevido á acometer, se desprende de lo mucho que no he podido ni aun tocar ligeramente. Con todo, si el hablar con la ingenuidad del corazón, si el presentar los resultados y juicios, que sugiriera una experiencia no de las mas limitadas, si el exponer en apoyo de esta manera de ver las opiniones de hombres calificados en diferentes géneros del saber, puede producir algun favorable resultado en el ánimo de los que tienen la condescendencia de escucharme, no será perdido mi trabajo y me verá escusado del atrevimiento y arrogancia, con que pudiera suponerse trataba de designar la oscuridad de mi nombre y la escasa elevacion de mis conocimientos especiales. En todo caso, la fé guió mi instinto y el buen deseo mi razon débil y vacilante: que donde mucho y muy necesario resta todavía por fundar en la ciencia y por admitir en las prácticas de la enseñanza y en la educacion pública de ella, algo meritorio puede ser levantar la débil voz en favor de una causa de la mayor trascendencia.

Como quiera, á vosotros, dignos compañeros hasta hoy y de hoy mas, á los expertos y laborosos en el importante ramo de los humanos conocimientos, que constituyen la ciencia del cálculo, al ilustrado Gobierno, en fin, que hoy se afana por dotar á la nacion de una ley de instrucción pública, en que no solo el profesorado, sino tambien la ciencia, quedan definitivamente mejorados, aquel en su decoro y su porvenir, y esta en su dignidad y útil enseñanza, á todos encarecidamente ruego, y de todos espero, que en la medida de su influencia y de su posicion contribuyan á que las matemáticas, que tantos títulos llevan adquiridos hasta hoy al aprecio y estimacion de los humanos, no sean desatendidas, antes si elevadas á la altura y dignidad, que de derecho les competen.

Quédame á mí la gloria, si no de haber realizado directamente algo grande y útil, al menos de haberlo intentado.—He oído.