

ESTUDIO EMPÍRICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA SINIESTRALIDAD GRAVE EN EL SEGURO DE AUTOMÓVILES EN ESPAÑA

María José Pérez Fructuoso¹, Almudena García Pérez²

Profesora Visitante de Matemática Actuarial, Departamento de Economía de la Empresa, Universidad Carlos III de Madrid.
Profesora Asociada, Departamento de Ciencias Empresariales, Universidad de Alcalá de Henares

RESUMEN

El avance tecnológico y el desarrollo económico motivan permanentes cambios en el sector asegurador español que derivan en una mayor exposición a siniestros cuyas consecuencias pueden ser de tan alto nivel que provoquen la desestabilización de las compañías aseguradoras que los cubren. El objetivo de este artículo es obtener resultados empíricos y conclusiones válidas para la toma óptima de decisiones en el ramo de responsabilidad civil de automóviles en España, de manera que se garantice la solvencia y la capacidad de afrontar situaciones extremas futuras, a través de capitales propios, o mediante la transferencia del riesgo al mercado de reaseguro.

PALABRAS CLAVE

Valores Extremos, Siniestralidad Máxima, Siniestros por encima de un Umbral, Estacionalidad, Frecuencia de siniestralidad, Tiempo Medio de Declaración, Tiempo Medio de Liquidación.

¹ Avenida de la Universidad Carlos III, 22. 28270, Colmenarejo, Madrid. Teléfono: +34 91 856 13 08 Fax: +34 91 856 12 20 e-mail: mjperez@emp.uc3m.es

² Plaza de la Victoria, 2. 28802, Alcalá de Henares, Madrid. Teléfono: +34 91 885 52 19 Fax: +34 91 885 42 94. e-mail: almu.garcia@uah.es

1 INTRODUCCIÓN

La *International Association of Insurance Supervisors*, (IAIS) es la encargada de mantener mercados de seguros eficientes, justos, firmes y estables que garanticen la protección de los asegurados. Con este fin ha desarrollado un marco global de supervisión aseguradora, basado en unos principios fundamentales, conocidos como *core principles*, y en una metodología estándar (IAIS, 2005), que configuran las normas del proyecto de Solvencia II.

Solvencia II plantea la necesidad de cambios fundamentales en la regulación del régimen de solvencia de las entidades aseguradoras en el seno de la Unión Europea, puesto que las normas existentes, recogidas en el proyecto de Solvencia I, no consideran la gran variedad de riesgos existentes en dichas compañías (IAIS, 2005, y IAA, 2004). En este sentido, Solvencia II pone de manifiesto que la posición financiera global de una compañía de seguros no depende únicamente del margen de solvencia sino que existen otros muchos factores, como por ejemplo los eventos extremos y sus valores, que deben estudiarse profundamente para analizar sus efectos sobre múltiples aspectos del negocio asegurador.

Los eventos extremos se definen como sucesos de baja frecuencia pero de gran severidad para el asegurador. Este tipo de sucesos son *shocks* que provienen de la cola de la distribución de probabilidad de la cuantía siniestral y no están adecuadamente representados a través de la modelación de los eventos comunes (Këllezi, et al. 2000). La ocurrencia de uno o más eventos extremos puede causar fluctuaciones mayores de las que cabría esperar como consecuencia de los riesgos clásicos de volatilidad o incertidumbre. Lo que ocurre es que para este tipo de eventos resulta muy complejo especificar el valor de la pérdida y por tanto el nivel de capital requerido para su cobertura, por lo que su tratamiento necesita una consideración especial (Pérez-Fructuoso et al., 2004). Además el horizonte temporal para la valoración de la solvencia debe ser lo suficientemente amplio como para capturar el impacto de los eventos extremos y de todos los efectos asociados a los mismos.

Desde el punto de vista de la solvencia de una compañía de seguros que opera en el ramo de responsabilidad civil en automóviles en España, para realizar un análisis de los valores extremos de la misma, se pueden considerar como tales los mayores siniestros ocurridos durante un determinado periodo de tiempo, por ejemplo, los máximos anuales, mensuales, etc. o bien los siniestros que exceden un determinado umbral o prioridad (García Pérez, 2004).

El objeto de este artículo es describir el comportamiento de los distintos extremos que pueden darse en el ramo de automóviles de dos compañías de seguros suficientemente representativas del mercado asegurador español, buscando dar respuesta a cuestiones tales como ¿existe algún tipo de estacionalidad en la frecuencia de siniestros graves?, ¿existe tendencia al alza o a la baja en coste o frecuencia de los siniestros extremos?, ¿cuál es el periodo medio de liquidación de los extremos?, ¿cuál es el periodo medio de declaración de los extremos?, ¿difieren estos periodos de los mismos para el resto de siniestralidad de las aseguradoras? Para ello, en el epígrafe 2 se realiza una descripción general de las bases de datos utilizadas en el estudio. Seguidamente, las secciones 3 y 4 se dedican a estudiar el comportamiento y la estacionalidad del coste de la siniestralidad grave así como los tiempos medios de declaración y de liquidación de dicha siniestralidad. Finalmente se exponen las conclusiones alcanzadas con el análisis.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE DATOS UTILIZADAS

Las bases de datos utilizadas para llevar a cabo este trabajo están formadas por 10 años de experiencia siniestral de dos carteras de pólizas de seguros de responsabilidad civil en el ramo de automóviles de dos compañías de seguros suficientemente representativas del sector asegurador español.

De las dos entidades aseguradoras, una cuenta con larga trayectoria empresarial, lo que confiere estabilidad a la muestra, mientras que la otra tiene una historia reciente, con un fuerte crecimiento en el sector durante los últimos años estudiados, lo que hace despreciable, en algunos análisis, la consideración de los primeros años muestrales.

Esta particularidad da lugar a que los 10 años de experiencia siniestral disponibles, no sean los mismos para las dos compañías analizadas.

El coste de la siniestralidad, recogido en las bases de datos, está formado por dos conceptos:

- El coste de los siniestros ocurridos dentro del periodo de observación y ya finalizados, cuyo importe integra todos los pagos realizados, netos de recobros efectivos y
- El coste de los siniestros ocurridos dentro del periodo de observación que todavía están pendientes de finalizar, cuyo importe viene dado por los pagos (netos de recobros) que ya se hayan realizado y/o las reservas de los pagos futuros estimados por la parte pendiente de liquidar.

Para los siniestros que ya han finalizado se ha considerado el efecto de la inflación desde la fecha de su liquidación total hasta el momento en que se realiza el análisis estadístico. En cuanto a los siniestros pendientes de liquidación o pago, se supone que su coste está actualizado en unidades monetarias nominales de la fecha de realización del estudio ya que no está a nuestro alcance determinar si los retardos entre los desembolsos intermedios y la fecha de liquidación final son espontáneos o no, y mucho más en el caso de siniestros pendientes. Es importante mencionar que en los siniestros de gran cuantía como los que aquí se tratan, el coste nominal y el coste actualizado son muy similares ya que, al ser siniestros de largo desarrollo, o bien se encuentran pendientes o bien se han liquidado en fechas próximas y dado que la inflación no ha sido elevada en los últimos periodos, su actualización no ha tenido gran impacto.

Finalmente, ha que señalar que se ha introducido una distorsión distinta en los datos de cada compañía para mantener oculta su identidad.

Los cuadros 1 y 2 a continuación, recogen, para las dos compañías de seguros analizadas y para cada uno de los 10 años de experiencia, el

número de siniestros registrados, el coste total de la siniestralidad y el coste medio individual, ambos expresados en u. m. nominales:

Cuadro 1: Número de siniestros, Coste Total y Coste Medio de la cartera entidad A					
Año	Nº siniestros	Coste total	Variación interanual	Coste medio	Variación interanual
1	310.270	24.702,27		0,0796	
2	352.993	30.702,49	24,290%	0,0870	9,247%
3	394.839	34.616,64	12,749%	0,0877	0,799%
4	433.610	40.367,71	16,614%	0,0931	6,187%
5	484.456	40.389,66	0,054%	0,0834	-10,447%
6	504.635	42.707,52	5,739%	0,0846	1,511%
7	561.777	48.359,70	13,235%	0,0861	1,717%
8	589.369	52.649,06	8,870%	0,0893	3,773%
9	595.896	57.097,80	8,450%	0,0958	7,262%
10	602.477	61.580,81	7,851%	0,1022	6,673%

Cuadro 2: Número de siniestros, Coste Total y Coste Medio de la cartera entidad B					
Año	Nº siniestros	Coste total	Variación interanual	Coste medio	Variación interanual
1	2.099	65.487		31,20	
2	5.697	182.745	179%	32,08	2,84%
3	9.400	284.724	56%	30,29	-5,58%
4	11.569	375.414	32%	32,45	7,13%
5	13.717	444.348	18%	32,39	-0,17%
6	16.397	585.843	32%	35,73	10,29%
7	20.923	831.326	42%	39,73	11,21%
8	28.039	1.177.518	42%	42,00	5,69%
9	34.415	1.408.682	20%	40,93	-2,53%
10	39.501	1.774.348	26%	44,92	9,74%

La observación de los datos refleja la inexistencia, para las dos aseguradoras, de comportamientos estables en la evolución de la siniestralidad media. Ello es debido al efecto de diversos factores entre los que cabe destacar la descomposición del siniestro en distintas

garantías, inflaciones dispares en los distintos conceptos de gasto, diferentes tiempos de liquidación o la ocurrencia de siniestros punta.

El análisis de la siniestralidad respecto al número total de pólizas (cuadros 3 y 4) muestra, para la entidad A, una frecuencia de la siniestralidad acotada entre el 14% y el 16% y una media ponderada por el número de siniestros del 14,98%. Estos valores se deben a la consolidación de la entidad A en el mercado asegurador español, que elimina las fuertes desviaciones respecto a los valores medios. Sin embargo, la historia menos consolidada de la entidad B provoca que la frecuencia de la siniestralidad sobre las pólizas sea más elevada (con una media ponderada de los últimos cuatro años del 45,13%), si bien se observa una propensión decreciente de esta ratio, que tiende a estabilizarse a medida que aumenta el volumen de pólizas en cartera.

Cuadro 3: Siniestralidad sobre el total de pólizas en cartera para la entidad A

Año	Nº siniestros	Variación interanual	Nº de pólizas	Variación interanual	Relación Siniestros/Pólizas
1	310.270				
2	352.993	13,770%	2.602.900		13,562%
3	394.839	11,855%	2.886.100	10,880%	13,681%
4	433.610	9,819%	3.042.000	5,404%	14,254%
5	484.456	11,726%	3.172.400	4,287%	15,271%
6	504.635	4,165%	3.291.900	3,766%	15,330%
7	561.777	11,323%	3.488.700	5,978%	16,103%
8	589.369	4,912%	3.696.200	5,946%	15,945%
9	595.896	1,107%	3.948.200	6,820%	15,093%
10	602.477	1,104%	4.147.600	5,049%	14,526%

Cuadro 4: Siniestralidad sobre el total de póliza en cartera para la entidad B

Año	Nº siniestros	Variación interanual	Nº de pólizas	Variación interanual	Relación Siniestros/Pólizas
1	2.099		0		
2	5.697	171,34%	7.913		72,00%
3	9.400	65,01%	14.207	79,54%	66,16%
4	11.569	23,08%	18.454	29,90%	62,69%
5	13.717	18,56%	22.300	20,84%	61,51%
6	16.397	19,54%	28.564	28,09%	57,40%
7	20.923	27,60%	41.027	43,63%	51,00%
8	28.039	34,01%	59.467	44,95%	47,15%
9	34.415	22,74%	78.297	31,67%	43,95%
10	39.501	14,78%	93.444	19,35%	42,27%

3. ESTUDIO DE LOS VALORES EXTREMOS EN EL RAMO DE RESPONSABILIDAD CIVIL EN AUTOMÓVILES ESPAÑOL

Desde el punto de vista de una compañía de seguros se puede considerar como extremos varios tipos de siniestros:

- Los mayores siniestros ocurridos durante un periodo de tiempo, por ejemplo, los máximos anuales, mensuales, etc.
- Los siniestros que exceden un determinado umbral o prioridad.

En los apartados a continuación se va a realizar un estudio del comportamiento de los distintos valores extremos en las carteras de siniestros consideradas, con el objetivo de detectar la existencia de estacionalidad en la frecuencia de ocurrencia de los mismos, la existencia de tendencias (alcistas o bajistas) en su coste o frecuencia y sus periodos medios de liquidación y de declaración para compararlos con los periodos medios de liquidación y de declaración del resto de siniestros no considerados graves.

3.1. Análisis de la siniestralidad máxima mensual

El objetivo de este análisis es detectar si existen comportamientos estacionales en la ocurrencia de siniestros graves en el ramo de responsabilidad civil de automóviles en España o si por el contrario, los meses en los que se produce la peor siniestralidad son distintos cada año.

Para ello, en los cuadros 5 y 6 a continuación, se detalla el coste del peor siniestro registrado en las dos compañías de seguros analizadas, en cada uno de los 120 meses de experiencia siniestral disponibles. Se han subrayado los dos siniestros graves mensuales máximos y puesto en cursiva los dos siniestros graves mensuales mínimos, para cada uno de los años considerados.

Cuadro 5: Siniestros máximos mensuales para la entidad A

Mes	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Año 4</u>	<u>Año 5</u>	<u>Año 6</u>	<u>Año 7</u>	<u>Año 8</u>	<u>Año 9</u>	<u>Año 10</u>
1	81,08	68,07	49,48	80,99	100,80	<u>127,68</u>	53,67	97,46	91,57	75,86
2	81,58	52,98	67,85	71,63	<u>388,60</u>	<i>44,14</i>	87,47	63,98	64,44	90,52
3	38,25	75,95	<u>125,10</u>	<u>171,10</u>	<i>64,82</i>	89,69	73,00	<u>120,27</u>	<u>104,21</u>	81,95
4	<u>97,94</u>	63,50	76,02	75,75	75,03	100,58	59,48	55,89	74,41	<u>121,22</u>
5	75,36	<i>46,36</i>	107,45	107,10	78,74	<i>34,41</i>	76,90	87,75	79,56	<u>117,19</u>
6	77,98	<u>125,20</u>	63,34	98,69	76,69	116,63	64,74	<i>50,13</i>	70,30	36,95
7	46,28	50,63	121,47	<u>169,68</u>	77,72	88,24	100,02	76,71	<u>102,33</u>	86,70
8	<u>97,18</u>	110,35	92,93	130,92	102,57	77,02	<u>122,32</u>	64,90	69,74	90,15
9	42,33	98,77	<i>55,87</i>	87,05	105,19	49,99	85,55	<u>106,04</u>	<i>57,31</i>	88,81
10	72,45	70,92	<u>282,77</u>	<i>65,58</i>	78,19	77,85	92,80	<i>46,01</i>	81,81	84,61
11	82,26	<i>35,54</i>	119,52	77,84	<u>144,14</u>	85,69	81,20	69,18	<i>57,50</i>	75,83
12	93,54	<u>152,89</u>	67,58	<i>45,41</i>	<i>62,45</i>	<u>195,97</u>	<u>126,28</u>	88,88	92,55	<i>64,62</i>
Máximo General	97,94	152,89	282,77	171,10	388,60	195,97	126,28	120,27	104,21	121,22

Cuadro 6: Siniestros máximos mensuales para la entidad B

Mes	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Año 4</u>	<u>Año 5</u>	<u>Año 6</u>	<u>Año 7</u>	<u>Año 8</u>	<u>Año 9</u>	<u>Año 10</u>
1	<u>25.825</u>	5.920	<u>21.234</u>	12.673	10.308	19.047	18.175	<u>47.165</u>	14.072	41.187
2	3.328	16.877	<i>4.421</i>	<i>10.753</i>	<i>7.307</i>	<i>11.099</i>	12.632	13.765	15.974	<i>19.386</i>
3	<i>3.670</i>	<i>3.781</i>	9.603	<u>24.764</u>	<u>41.471</u>	24.130	18.988	<i>11.711</i>	<u>53.999</u>	19.745
4	4.698	<u>36.686</u>	<i>4.955</i>	23.728	13.384	<u>35.323</u>	18.076	22.280	33.484	26.216
5	7.787	12.217	19.383	<i>10.355</i>	18.400	<u>27.266</u>	<i>7.301</i>	34.973	21.861	40.256
6	5.056	9.039	20.057	<u>27.679</u>	<u>44.789</u>	12.962	<u>54.792</u>	28.549	<i>12.619</i>	36.893
7	4.970	14.203	8.114	14.211	19.963	19.435	28.468	<i>8.753</i>	14.632	<i>12.964</i>
8	8.844	20.994	14.784	16.612	11.580	26.776	<u>35.331</u>	<u>71.851</u>	<u>71.541</u>	23.802
9	6.302	7.031	9.747	23.587	<i>6.670</i>	18.069	14.623	26.394	24.416	<u>54.420</u>
10	<u>10.773</u>	25.111	<u>24.846</u>	18.625	19.156	<i>7.738</i>	12.699	18.102	22.032	22.871
11	6.741	<u>27.928</u>	10.845	20.127	27.696	14.918	<i>9.075</i>	15.218	30.754	29.229
12	9.185	19.495	16.702	11.599	13.454	16.614	18.355	24.723	<i>12.067</i>	<u>60.152</u>
Máximo General	25.825	36.686	24.846	27.679	44.789	35.323	54.792	71.851	71.541	60.152

Analizando los valores registrados en la entidad A, el coste máximo anual de los datos máximos mensuales (criterio maximax) se registra en meses distintos a lo largo del tiempo. A pesar de que todos los meses del año han estado en algún momento entre los peores anuales, cabe destacar que el coste máximo durante el mes de marzo se ha situado durante 4 años (años 3, 4, 8 y 9) entre los dos peores siniestros. Si por el contrario observamos el coste mínimo anual de entre los máximos valores mensuales (criterio minimax), todos los meses del año salvo julio y agosto, presentan un siniestro grave incluido entre los dos valores menores del año. Los meses de septiembre y diciembre han tenido, ambos en 3 ocasiones, un máximo mensual entre los dos siniestros máximos más pequeños.

En la entidad B, todos los meses, a excepción de febrero y julio, han presentado un siniestro grave entre los dos máximos anuales. En esta entidad, agosto es el mes cuyo máximo mensual ha estado durante 3 años consecutivos (año 7, 8 y 9) entre los dos peores anuales. Analizando el coste anual mínimo entre los máximos mensuales, igual que sucede en la entidad A, todos los meses del año, salvo agosto, presentan un máximo mensual entre los dos valores mínimos anuales. En este caso, es el mes de febrero el que registra en seis años (año 1, 3, 4, 5, 6 y 10) de los 10 analizados un siniestro entre los dos menores

máximos anuales, aunque, si bien es cierto, sólo en dos de los seis años es el mínimo absoluto de los máximos.

Esta primera aproximación a la estacionalidad de los valores máximos de las carteras analizadas, está despreciando de la muestra valores elevados de siniestralidad que, aunque no son máximos mensuales, si son superiores al máximo mensual registrado en otro mes. Por esta razón, a continuación analizamos otros conjuntos de máximos, concretamente los 10 y los 20 siniestros anuales más graves³.

3.2. Análisis de los 10 y 20 máximos anuales

Para los 10 años objeto de estudio, se han considerado los 10 mayores siniestros ocurridos cada año. La representación de estos 100 siniestros respecto a la fecha de su ocurrencia indicará la existencia de tendencias y/o estacionalidad.

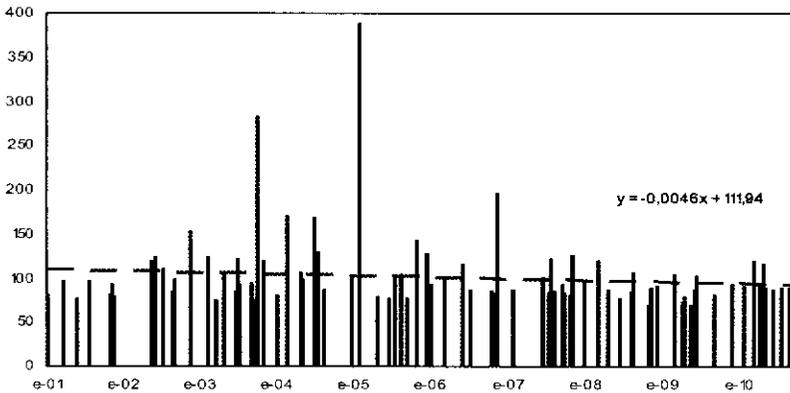


Gráfico 1: Coste de los 10 siniestros máximos anuales en la entidad A

³ Sólo se presentan los análisis sobre estos grupos de siniestros porque los estudios realizados sobre otros conjuntos de máximos (50 o incluso 100 máximos anuales) no muestran diferencias significativas con los resultados obtenidos para este número.

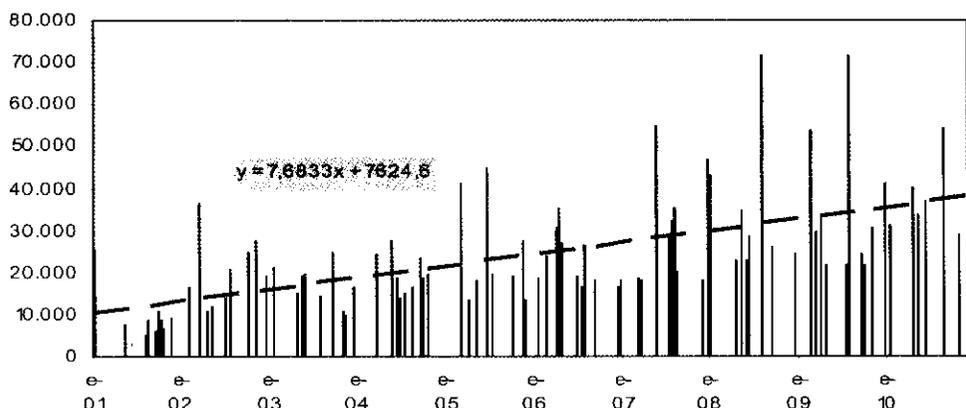


Gráfico 2: Coste de los 10 siniestros máximos anuales en la entidad B

Analizando el gráfico del coste de los 10 siniestros máximos anuales para la entidad A se desprenden las siguientes conclusiones:

- El ajuste lineal a los datos muestra una línea ligeramente descendente (pendiente negativa), representativa de que no existe tendencia al alza en el coste de los 10 máximos anuales.
- Los diez mayores siniestros anuales superan en todos los casos las 50 u. m., cuantía 500 veces superior al cose medio nominal del último año (ver Cuadro 1).
- Sólo 6 siniestros de los 100, superan la cuantía de 150 u. m. (diciembre/02, octubre/03, marzo/04, julio/04, febrero/05 y diciembre/06).
- El 94% restante de los siniestros se localiza entre las 50 u. m. y las 150 u. m. distribuyéndose del siguiente modo: el 68% en el intervalo entre 50 u. m. y 100 u. m. y el 26% entre 100 u. m. y 150 u. m.

La misma representación para la entidad B, muestra un ajuste lineal claramente ascendente, reflejando una tendencia al alza de dichas cuantías derivada del continuo desarrollo y fuerte crecimiento de la

En términos totales, el coste promedio de la entidad A es de 101,76 u. m. con una desviación estándar de 40,98 u. m., lo que da lugar a un coeficiente de variación del 40,27%. Este coste promedio resulta bastante estable, e incluso decreciente a partir del quinto año, igual que sus desviaciones, lo que indica, salvo en los años 3 y 5, unos máximos anuales bastante centrados en torno a la media.

En la entidad B, tanto el coste promedio de los 10 máximos anuales como su desviación son crecientes. Con un promedio total de 24.510 u. m.⁴ y una desviación estándar total de 13.135 u. m., el coeficiente de variación resulta del 53,59%, superior al coeficiente de variación de la entidad A en más de 13 puntos. Sin embargo, manteniendo únicamente los 5 y 3 últimos años de la muestra, se produce una mejora en el coeficiente de variación, que disminuye al 43,6% y 40,1%, respectivamente.

**Cuadro 8: Promedio y Desviación Estándar 10 máximos anuales entidad B
5 últimos años**

Promedio		Desviación Estándar		3 últimos años					
Año	Total	Año	Total	Promedio		Desviación Estándar			
				Año	Total	Año	Total		
6	23.375	6	6.483	8	34.542	8	15.774		
7	26.042	7	12.189	9	33.447	9	16.503		
8	34.542	8	15.774	10	38.617	10	10.850		
9	33.447	9	16.503	Total	35.535	Total	14.261		
10	38.617	10	10.850						
Total	31.204	Total	13.595						

Considerando ahora las 20 mayores cuantías anuales, se representan, igual que en el caso anterior, los 20 siniestros resultantes frente a su fecha de ocurrencia así como la recta de regresión para mostrar la existencia de tendencias en dichas cuantías.

⁴ Superior en más de 500 veces al coste medio nominal de los siniestros ocurridos en el año décimo (ver Cuadro 2).

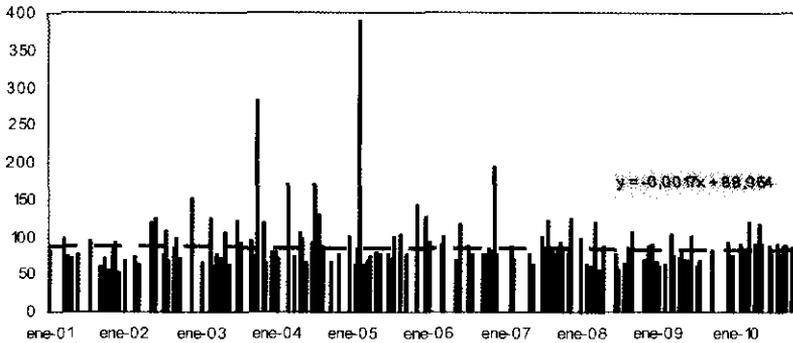


Gráfico 4: Coste de los 20 máximos siniestros anuales en la entidad A

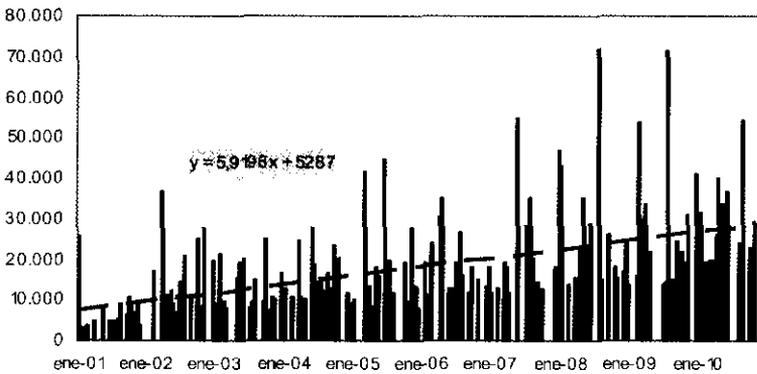
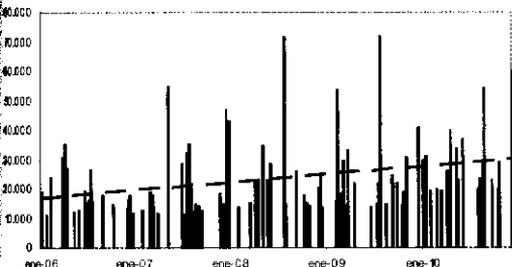


Gráfico 5: Coste de los 20 máximos siniestros anuales en la entidad B

Como puede observarse, en el caso de la entidad A, el ajuste lineal de los datos sigue sin presentar tendencias, incluso la pendiente de la recta ajustada es negativa, indicando una propensión descendente en el tiempo del coste de los 20 mayores siniestros anuales.

Para la entidad B sin embargo, e igual que ocurría en el análisis de los 10 máximos anuales, se observa una clara tendencia al alza en sus máximos anuales. En este caso, la representación de los últimos 5 y 3 años (ver Gráfico 6) también suaviza la pendiente de la recta lo que lleva a concluir que los primeros años de la muestra distorsionan el comportamiento general de los siniestros graves en la entidad B, al tratarse de años poco estables en lo que a siniestralidad se refiere.

Coste máximo anual últimos 5 años entidad B



Coste máximo anual 3 últimos años entidad B

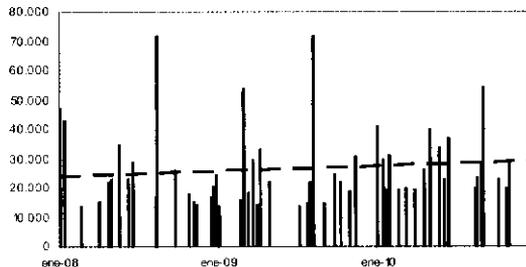


Gráfico 6: Coste de los 20 máximos anuales de los últimos 5 y 3 años en la entidad B

En cuanto al coste promedio y la desviación estándar de los 20 máximos anuales,

Cuadro 9: Promedio y Desviación Estándar de los 20 máximos anuales

Entidad A				Entidad B			
Promedio		Desviación Estándar		Promedio		Desviación Estándar	
Año	Total	Año	Total	Año	Total	Año	Total
1	75,2	1	14,0	1	6.834	1	5.000
2	85,6	2	24,2	2	13.691	2	8.440
3	91,3	3	50,0	3	12.542	3	5.417
4	94,1	4	32,0	4	15.982	4	5.443
5	97,3	5	71,2	5	16.177	5	10.491
6	90,5	6	29,2	6	18.468	6	6.852
7	83,6	7	16,6	7	19.434	7	10.822
8	74,0	8	19,1	8	25.338	8	14.460
9	75,2	9	13,9	9	24.425	9	14.710
10	86,4	10	12,6	10	30.023	10	11.671
Total	85,3	Total	33,7	Total	18.292	Total	11.704

en la entidad A resulta bastante estable en el tiempo, siendo el coeficiente de variación del 39,5%, ligeramente inferior al mismo coeficiente en los 10 máximos anuales.

Para la entidad B, el coste promedio de estos valores máximos vuelve a ser creciente y el coeficiente de variación es del 64%, es decir 24,5 puntos superior al de la entidad A. Resulta además, que este coeficiente es superior al de los 10 máximos anuales en la entidad B, contrariamente a lo que ocurre en la entidad A en la que el coeficiente

de variación disminuye a medida que incrementa el número de siniestros considerados.

Observando de nuevo el efecto de prescindir de los datos correspondientes a los 5 y 7 primeros años de experiencia, se produce una mejora en el coeficiente de variación que disminuye al 53% y al 51% respectivamente, aunque no alcanza el valor registrado en el caso de los 10 máximos anuales.

**Cuadro 10: Promedio y desviación estándar 20 máximos anuales entidad B
5 últimos años**

Promedio		Desviación Estándar		3 últimos años			
Año	Total	Año	Total	Promedio		Desviación Estándar	
Año	Total	Año	Total	Año	Total	Año	Total
6	18.468	6	6.852	8	25.338	8	14.460
7	19.434	7	10.822	9	24.425	9	14.710
8	25.338	8	14.460	10	30.023	10	11.671
9	24.425	9	14.710	Total	26.595	Total	13.675
10	30.023	10	11.671				
Total	23.538	Total	12.537				

Esta información confirma que los primeros años de la muestra de la entidad B no se comportan de manera estable y provocan dispersión. La entidad A por su historia y estabilidad, muestra comportamientos persistentes, también en sus máximos anuales. La entidad B ha ganado estabilidad en los últimos años, por ello se debe tratar con sumo cuidado la información histórica.

3.2.1. Distribución temporal de los 10 y 20 máximos anuales

Respecto al reparto mensual y trimestral de los 10 mayores siniestros anuales para la entidad A, los gráficos de su distribución son los siguientes:

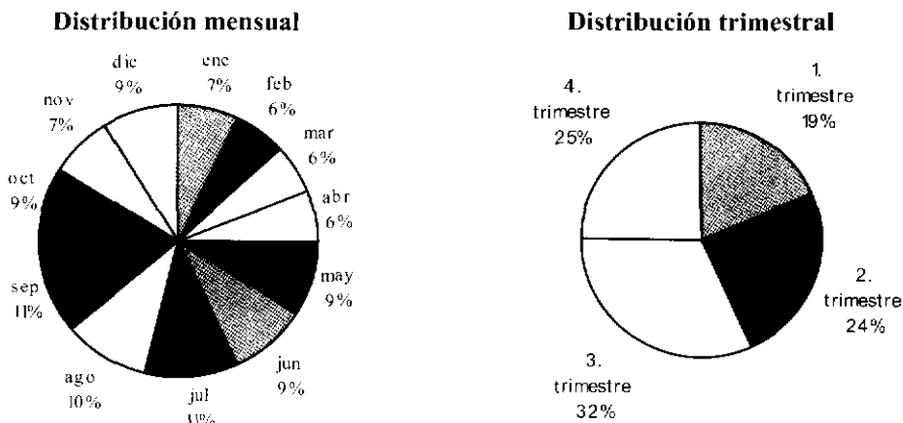
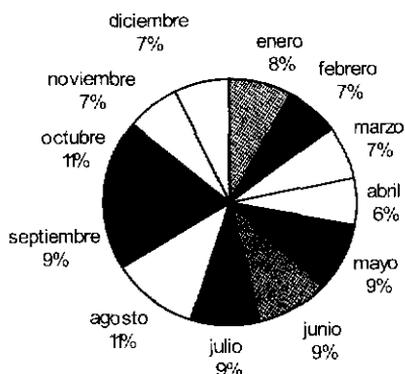


Gráfico 7: Distribución mensual y trimestral de lo 10 máximos anuales en la entidad A

Resulta evidente que en la distribución de la siniestralidad grave mensual para la entidad A, aunque si bien las diferencias no son en general excesivamente significativas, los meses de julio, agosto y septiembre presentan la mayor frecuencia de ocurrencia de este tipo de siniestros (11%, 10% y 11% respectivamente), mientras que en los primeros meses del año (entre febrero y abril), dicha frecuencia es mucho menor (6%, 6% y 6% respectivamente). Por trimestres, el tercero (Abril-Junio) muestra un 32% de ocurrencia de siniestralidad grave mientras que el primero sólo presenta el 19%.

El reparto de los 20 máximos anuales por meses y por trimestres para la entidad A es el siguiente:

Distribución mensual



Distribución trimestral

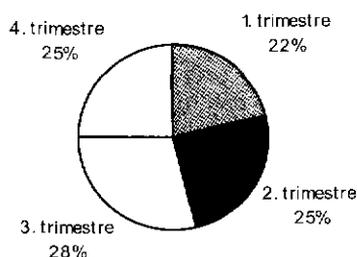


Gráfico 8: Distribución mensual y trimestral de los 20 máximos anuales en la entidad A

El mayor peso de siniestralidad grave en este caso, se concentra en agosto (11%) y octubre (11%). Los porcentajes del resto de meses, aunque inferiores, no difieren de manera notable de los obtenidos en estos dos meses.

Comparando con la distribución de los 10 máximos anuales, las frecuencias mensuales de la entidad A se han mantenido, o han variado ligeramente en algunos meses, pero no se observan cambios sustanciales. Trimestralmente, los porcentajes del segundo y cuarto trimestre también se mantienen y las diferencias entre el primero y el tercero se reducen.

Bajo la hipótesis de mayor frecuencia de siniestros graves en las épocas vacacionales, se analiza la frecuencia de esta siniestralidad en el periodo vacacional de Semana Santa. Un estudio mensual no permite localizar una mayor frecuencia en esta semana por no ubicarse en un mes fijo (alterna entre marzo y abril) y por trimestres resulta imposible observar el efecto de la Semana Santa, habida cuenta de que marzo y abril se localizan en trimestres distintos.

El modo de recoger la Semana Santa es tomando periodos bimestrales: enero/febrero, marzo/abril, mayo/junio, etc. De esta forma, si la

semana Santa tiene algún efecto en la siniestralidad grave, debería verse reflejado en el segundo bimestre:

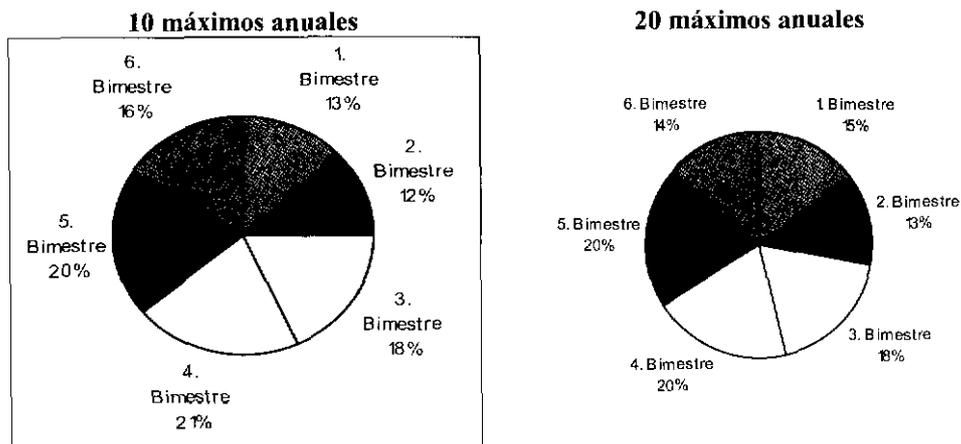


Gráfico 9: Distribución bimestral de los 10 y 20 máximos anuales en la entidad A

Sin embargo, en la entidad A, ni en el primer ni en el segundo bimestre la frecuencia de siniestros graves es elevada, mientras que del tercero al quinto sigue apareciendo la mayor tasa de siniestralidad extrema.

El análisis bimestral en los 20 máximos anuales muestra en la entidad A que los meses de Marzo y Abril no presentan mayor frecuencia.

Diariamente, no cabe ninguna duda de que el 49% de los 100 mayores siniestros de la entidad A ocurrieron durante el fin de semana, mientras que el martes es el día de la semana con menor ocurrencia de siniestros graves:

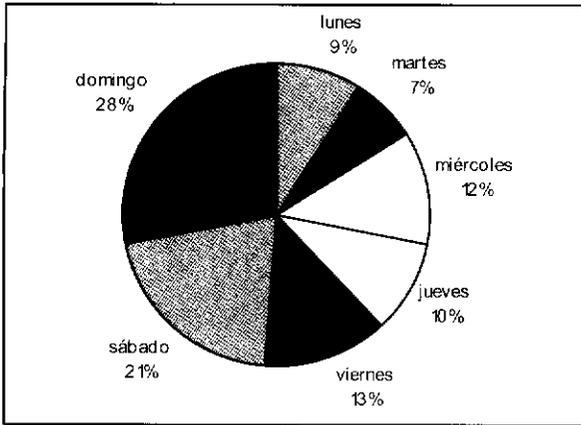


Gráfico 10: Distribución diaria de los 10 máximos anuales en la entidad A

En cuanto a la muestra de los 200 mayores siniestros, la distribución diaria de los datos continúa mostrando al fin de semana, y más concretamente el domingo (26%), como los días con peor comportamiento de siniestralidad para la entidad A, mientras que el martes y el miércoles (9% y 9% respectivamente) son los días con menos concentración de siniestralidad punta.

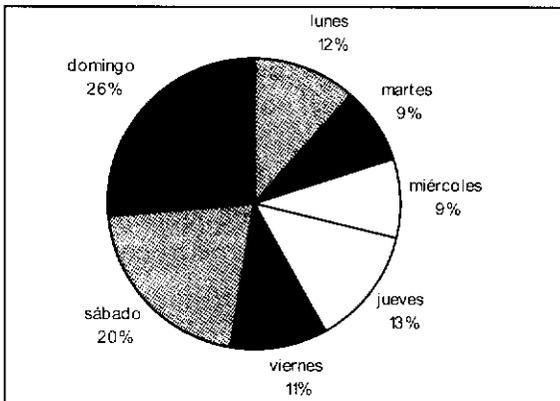
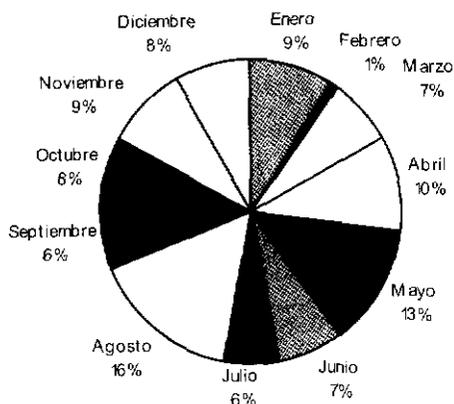


Gráfico 11: Distribución diaria de los 20 máximos anuales en la entidad A

Para la entidad B la distribución mensual y trimestral de los 10 siniestros anuales más graves es la siguiente:

Distribución mensual



Distribución trimestral

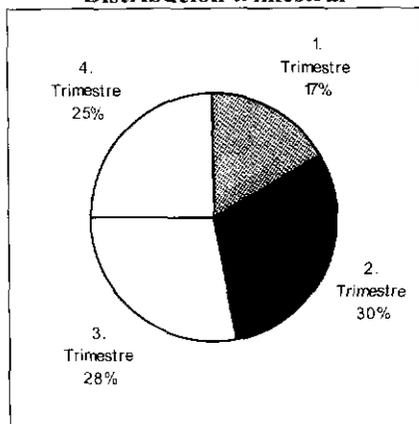


Gráfico 12: Distribución mensual y trimestral de los 10 máximos anuales en la entidad B

En esta entidad, la mayor frecuencia de siniestralidad grave aparece claramente en el mes de agosto, con un 16% de los 10 mayores siniestros anuales, seguido de los meses de mayo (13%) y abril (10%). Estos datos contrastan con los presentados por la entidad A, y únicamente existe una ligera similitud en el mes de agosto como periodo de mayor frecuencia de ocurrencia de siniestros extremos.

En cuanto al reparto de los valores extremos por trimestres en la entidad B, como sucede en la entidad A, la menor frecuencia se produce en el primer trimestre del año (Enero-Marzo), mientras que el último (Octubre-Diciembre), con un 25%, presenta la misma frecuencia en ambas entidades. Las diferencias trimestrales entre la entidad A y B se encuentran en el segundo (Abril-Junio) y tercer trimestre (Julio-Septiembre). A pesar de que el tercer trimestre tiene una frecuencia superior al 25% en ambos casos (32% en la entidad A y 28% en la entidad B), no resulta el peor en las dos entidades. En la entidad B, el peor trimestre en cuanto a máximos de siniestralidad anuales es el segundo con un 30%.

El análisis de la distribución mensual de los 20 máximos anuales en la entidad B,

Distribución mensual



Distribución trimestral

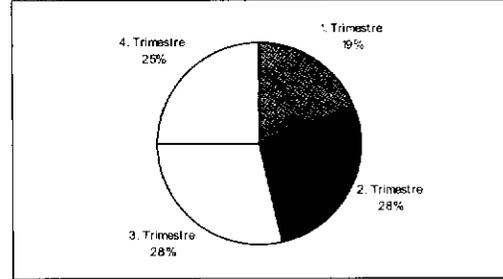


Gráfico 13: Distribución mensual y trimestral de los 20 máximos anuales en la entidad B

muestra los meses de agosto (14%) y abril (10%), como los que mayor concentración de siniestros graves presentan. Comparando con los resultados obtenidos en la valoración de los 10 máximos anuales, agosto sigue teniendo la mayor frecuencia de siniestralidad extrema, mientras que febrero es el mes con menos concentración de siniestros graves (4%).

Trimestralmente, el periodo Enero-Marzo, muestra la menor tasa de ocurrencia de siniestros graves, mientras que los periodos Abril-Junio y Julio-Septiembre, con el mismo peso, tienen la peor frecuencia de siniestralidad extrema (28% en los dos casos).

Bimestralmente, en la entidad B, el segundo bimestre del año muestra algo más de peso en ocurrencia de extremos, pero el tercero y el cuarto siguen presentando el mayor porcentaje de graves, igual que sucede en la entidad A.

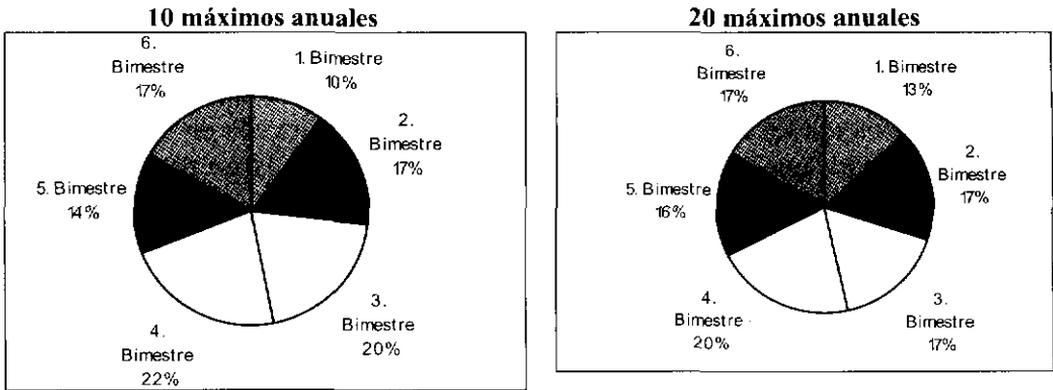


Gráfico 14: Distribución bimestral de los 10 y 20 máximos anuales en la entidad B

El análisis bimestral en los 20 máximos anuales en la entidad B muestra un comportamiento similar al de los 10 máximos anuales, donde la frecuencia en el segundo bimestre no es tan reducida como en la entidad A. No obstante y sin duda, el cuarto bimestre permanentemente aparece con la mayor tasa de siniestros máximos.

En términos diarios, la distribución de la frecuencia de ocurrencia de los 10 máximos anuales presenta diferencias sustanciales entre la entidad A y la entidad B, ya que en esta segunda, no se observa la mayor concentración en el fin de semana como ocurría en la entidad A. Por el contrario, parece que el miércoles y el jueves son los peores días para la ocurrencia de siniestros extremos en esta entidad.

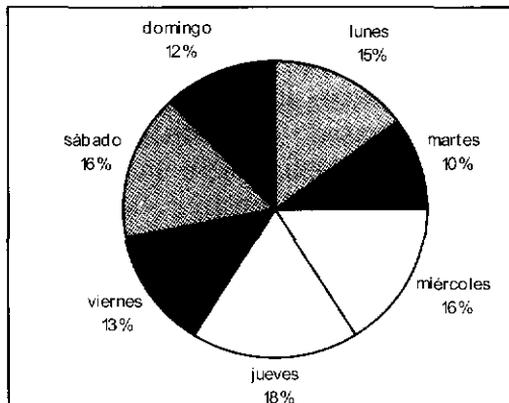


Gráfico 15: Distribución diaria de los 10 máximos anuales en la entidad B

El reparto diario de los 200 mayores siniestros en la entidad B muestra que el 53% de los mismos ocurrieron entre el viernes, el sábado y el domingo. Pero a diferencia de lo que sucede en la entidad A, la concentración de la siniestralidad grave no es tan elevada en el fin de semana sino que se reparte más uniformemente a lo largo de toda la semana.

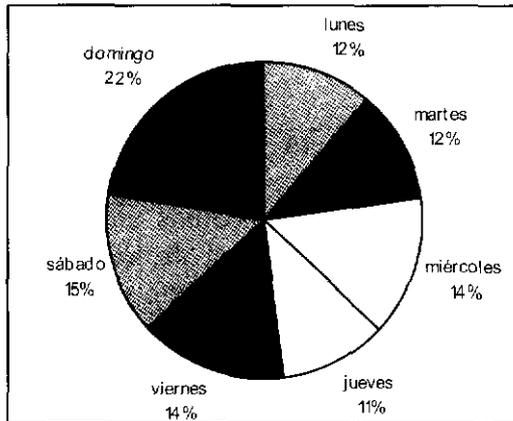


Gráfico 16: Distribución diaria de los 20 máximos anuales en la entidad B

3.2.2. Contraste de la hipótesis de uniformidad en la distribución de frecuencias

A pesar de que en el análisis de los 10 y 20 siniestros máximos anuales se observan ciertas diferencias respecto a las frecuencias en los distintos meses y trimestres analizados, a continuación se va a realizar un contraste de hipótesis para medir si dichas diferencias son estadísticamente significativas. El contraste empleado para llevar a cabo esta medición está basado en la distribución Chi-Cuadrado de una sola cola y determinará si existe o no una mayor concentración de siniestralidad en algunos meses, bimestres o trimestres determinados.

El contraste de hipótesis formulado ha sido el siguiente:

Hipótesis nula, H_0 : Todos los meses presentan la misma probabilidad.

Hipótesis alternativa, H_1 : Algún mes presenta distintas probabilidades.

y el estadístico experimental construido para realizarlo se ha obtenido comparando las frecuencias observadas y las frecuencias teóricas, siendo su expresión para el caso mensual,

$$\chi^2_{\text{exp}} = \sum_{i=1}^{12} \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \sim \chi^2_{12-1}$$

para el bimestral,

$$\chi^2_{\text{exp}} = \sum_{i=1}^6 \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \sim \chi^2_{6-1}$$

y para el trimestral,

$$\chi^2_{\text{exp}} = \sum_{i=1}^4 \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \sim \chi^2_{4-1}$$

donde o_i son las frecuencias observadas y e_i las frecuencias esperadas, estimadas a través del cociente $\frac{1}{12}$ en el contraste mensual, $\frac{1}{6}$ en el bimestral y $\frac{1}{4}$ en el trimestral.

El resultado del contraste se mide a través de la probabilidad del estadístico experimental obtenido. Entonces, si la probabilidad de dicho estadístico es unitaria, o cercana a la unidad, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Para los 10 máximos anuales el resultado del estadístico y su probabilidad asociada son los siguientes,

Entidad A	Entidad B
$\chi^2_{\text{exp}} = 0,0464 \sim \chi^2_{12-1} \rightarrow p = 1$	$\chi^2_{\text{exp}} = 0,1832 \sim \chi^2_{12-1} \rightarrow p = 1$
$\chi^2_{\text{exp}} = 0,0404 \sim \chi^2_{6-1} \rightarrow p = 1$	$\chi^2_{\text{exp}} = 0,0548 \sim \chi^2_{6-1} \rightarrow p = 1$
$\chi^2_{\text{exp}} = 0,0344 \sim \chi^2_{4-1} \rightarrow p = 0,998$	$\chi^2_{\text{exp}} = 0,0392 \sim \chi^2_{4-1} \rightarrow p = 0,998$

y para los 20 siniestros máximos anuales,

Entidad A	Entidad B
$\chi_{exp}^2 = 0,0458 \sim \chi_{12-1}^2 \rightarrow p = 1$	$\chi_{exp}^2 = 0,1004 \sim \chi_{12-1}^2 \rightarrow p = 1$
$\chi_{exp}^2 = 0,0344 \sim \chi_{6-1}^2 \rightarrow p = 1$	$\chi_{exp}^2 = 0,0197 \sim \chi_{6-1}^2 \rightarrow p = 1$
$\chi_{exp}^2 = 0,0114 \sim \chi_{4-1}^2 \rightarrow p = 1$	$\chi_{exp}^2 = 0,0218 \sim \chi_{4-1}^2 \rightarrow p = 0,999$

Como puede observarse, tanto en la entidad A como en la entidad B, las probabilidades del estadístico experimental son la unidad o muy cercanas a ella en los tres casos, lo que nos indica que no existen evidencias estadísticamente significativas que permitan rechazar la hipótesis nula y por tanto se asume que ni las frecuencias mensuales, ni las bimestral, ni las trimestrales son significativamente distintas en determinados periodos del año en ninguna de las compañías.

3.3. Descripción de los excesos sobre un umbral

El otro grupo de valores extremos considerados en este trabajo, es aquel que incluye los siniestros que exceden una determinada prioridad o umbral.

Dadas dos muestras pertenecientes a entidades aseguradoras con distintas situaciones económicas y diferente desarrollo histórico, no resulta equivalente emplear los mismos umbrales en ambas para extraer sus correspondientes extremos. Por este motivo la determinación del umbral se ha realizado de la siguiente forma:

- En primer lugar se ha considerado una prioridad lo suficientemente baja (P_0), equivalente para ambas entidades analizadas, y se han seleccionado los siniestros que superan dicha prioridad.
- El resto de prioridades empleadas en el estudio, P_1 , P_2 y P_3 , se han seleccionado de forma que en cada entidad, se mantiene la misma relación entre el número de siniestros que supera dichas

prioridades y el número de siniestros que supera el umbral P_0 como sigue:

Cuadro 11: Cálculo de prioridades en las entidades A y B

Entidad A		Entidad B	
$P_0^A = P_0^B$	$\sum (X_i / X_i > P_0^A)$	$P_0^A = P_0^B$	$\sum (X_i / X_i > P_0^B)$
$P_1^A > P_0^A$	$\frac{\sum (X_i / X_i > P_1^A)}{\sum (X_i / X_i > P_0^A)} = 44,8\%$	$P_1^B > P_0^B$	$\frac{\sum (X_i / X_i > P_1^B)}{\sum (X_i / X_i > P_0^B)} = 44,7\%$
$P_2^A > P_1^A$	$\frac{\sum (X_i / X_i > P_2^A)}{\sum (X_i / X_i > P_1^A)} = 9,5\%$	$P_2^B > P_1^B$	$\frac{\sum (X_i / X_i > P_2^B)}{\sum (X_i / X_i > P_1^B)} = 9,4\%$
$P_3^A > P_2^A$	$\frac{\sum (X_i / X_i > P_3^A)}{\sum (X_i / X_i > P_2^A)} = 2,8\%$	$P_3^B > P_2^B$	$\frac{\sum (X_i / X_i > P_3^B)}{\sum (X_i / X_i > P_2^B)} = 3,0\%$

Evidentemente, se ha de tener en cuenta que a medida que aumenta el valor de la prioridad, el número de siniestros que componen la muestra analizada se reduce y también su representatividad estadística.

3.3.1. Estudio del coste de los siniestros que superan la prioridad

P_1

Bajo la hipótesis operativa descrita en el párrafo anterior, para cada entidad se ha tomado una prioridad P_1 diferente en términos absolutos aunque equivalente en términos relativos.

En la entidad A, el umbral P_1 (establecido en 10 u. m.) deja por encima el 44,8% de los datos que superan la prioridad P_0 , y su representación frente al momento de ocurrencia es la siguiente:

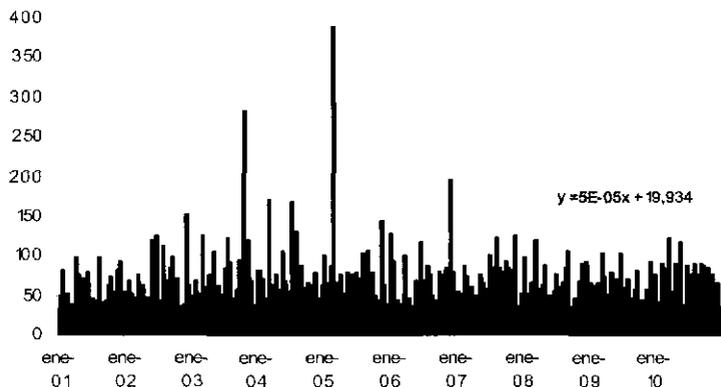


Gráfico 17: Siniestros por encima de P_1 en la entidad A

Como puede observarse, el gráfico no muestra ninguna tendencia, incluso el ajuste lineal muestra una pendiente ligeramente descendente aunque prácticamente nula, lo que permite concluir que no existen indicios de incremento en el coste de los siniestros de la entidad A que superan la prioridad P_1 .

En la entidad B, la prioridad P_1 (establecida en 2.500 u. m.) deja por encima el 44,7% de los datos que superan P_0 , quedando su representación gráfica como sigue:

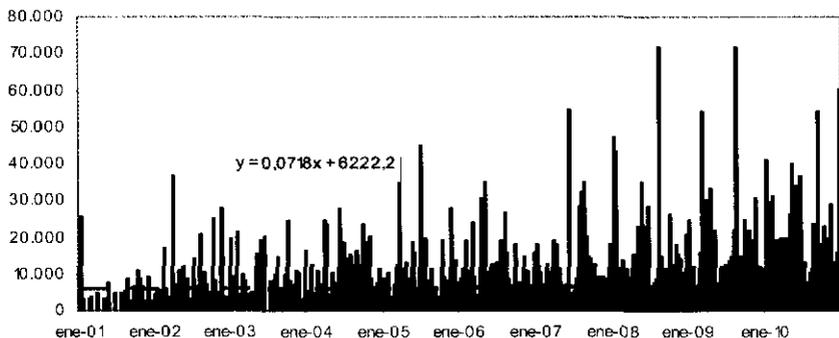


Gráfico 18: Siniestros por encima de P_1 en la entidad B

A diferencia de la tendencia ascendente que mostraban los máximos anuales para la entidad B, para el caso de los siniestros que superan la prioridad P_1 en la misma entidad, la regresión lineal se muestra casi plana. Incluso eliminando los 4 primeros años de experiencia muestral (ver gráfico 19), que presentan un comportamiento más errático y menos estable, la pendiente sigue mostrándose plana aunque ligeramente positiva.

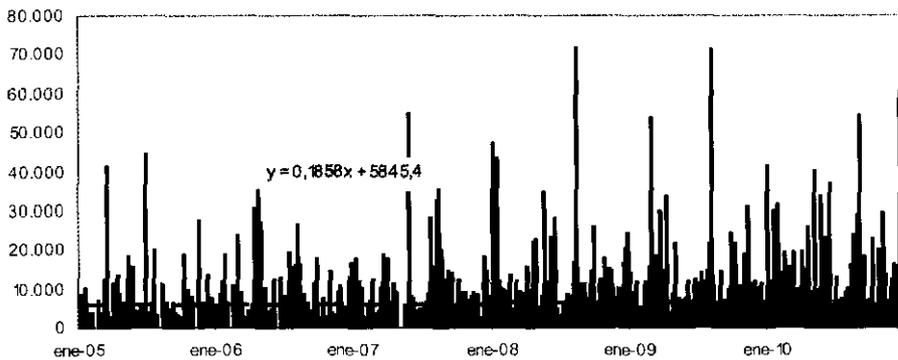


Gráfico 19: Siniestros por encima de P_1 entidad B sin los primeros 4 años

En cuanto al promedio y la dispersión totales de los siniestros que superan P_1 , en la entidad A son 21,58 u. m. y 18,19 u. m., lo que da lugar a un coeficiente de variación del 84,3%. En todos los años (ver cuadro 12), ambos valores son bastante regulares, manteniéndose entre 20,5 y 22,5 u. m. y entre 15 u. m. y 20 u. m. respectivamente. El quinto año, sin embargo, muestra una mayor desviación a causa de la ocurrencia del siniestro más grave en la entidad A, con un coste de 388 u. m. No obstante, el año con mayor promedio de coste es el año sexto.

En la entidad B el promedio del coste de los siniestros que superan la prioridad P_1 es de 6.423 u. m. y la dispersión de 6.449 u. m. lo que supone un coeficiente de variación de 100,41%.

Cuadro 12: Promedio y desviación estándar siniestros que exceden P_1

Entidad A				Entidad B			
PROMEDIO		DESVIACIÓN ESTANDAR		PROMEDIO		DESVIACIÓN ESTANDAR	
año	Total	año	Total	año	Total	año	Total
1	20,83	1	15,17	1	5.556	1	4.457
2	21,75	2	16,92	2	7.195	2	6.597
3	21,27	3	19,32	3	5.975	3	4.626
4	21,80	4	18,80	4	6.517	4	5.174
5	21,70	5	24,18	5	6.505	5	6.947
6	22,31	6	19,45	6	6.615	6	5.600
7	22,04	7	17,23	7	5.958	7	5.616
8	21,59	8	15,77	8	6.344	8	6.842
9	20,98	9	15,20	9	6.273	9	6.875
10	21,51	10	18,04	10	6.865	10	7.432
Total	21,58	Total	18,19	Total	6.423	Total	6.449

Para medir la representatividad de los siniestros extremos en la entidad B, se presenta un gráfico que muestra en el eje izquierdo la proporción del coste de los siniestros que superan 2.500 u. m. y en el eje derecho la proporción del número de siniestros que superan 2.500 u. m.

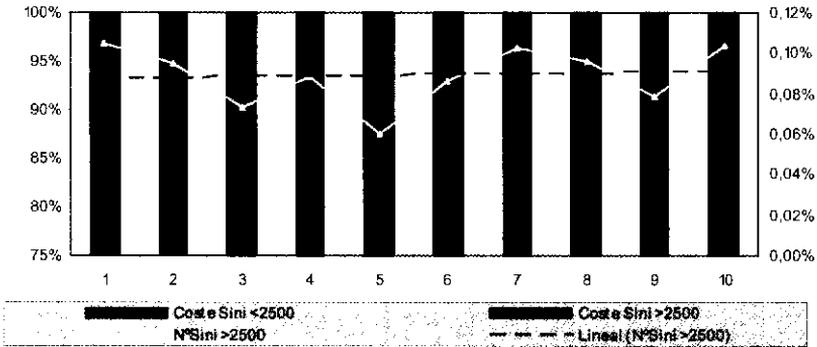


Gráfico 20: Representatividad de los extremos en la entidad B

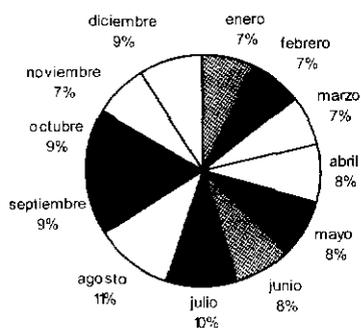
En él se observa como a lo largo de los 10 años estudiados, aproximadamente el 15% del coste total de la entidad aseguradora B, corresponde a la siniestralidad que supera la prioridad P_1 (2.500 u. m.) y la frecuencia de los siniestros que superan dicha prioridad se

encuentra entre el 0,060% y el 0,105%. En el peor de los años (2º año), el coste de la siniestralidad que supera P_1 (con una frecuencia del 0,095%) es el 20% del coste total, mientras que en los mejores años (5º y 9º), la siniestralidad por encima de P_1 (el 0,060% y 0,078% respectivamente) es del 12% del total. Esto supone que aproximadamente 1 de cada mil siniestros representa el 15% del coste total de siniestralidad.

- Distribución temporal de los siniestros que superan P_1 y contraste de uniformidad en la distribución de las frecuencias

En cuanto a la distribución temporal de los siniestros que superan la prioridad P_1 en la entidad A, el gráfico de las frecuencias mensuales y trimestrales indica, como ocurría en al análisis temporal de los máximos, la existencia de cierta concentración de extremos en determinados periodos del año, concretamente en el mes de agosto y en el tercer trimestre del año.

Distribución mensual



Distribución trimestral

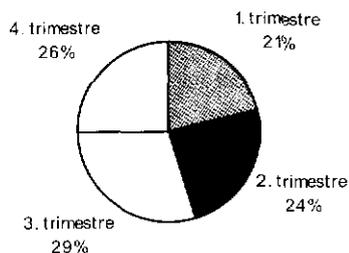
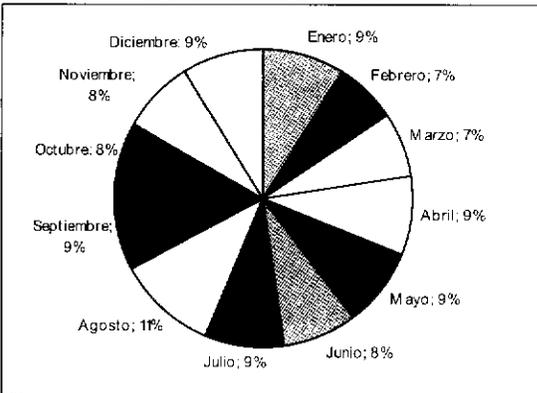


Gráfico 21: Distribución mensual y trimestral siniestros que exceden P_1 en la entidad A

En la entidad B, la distribución mensual y trimestral de los siniestros que superan la prioridad P_1 , se concentra en los mismos periodos del año que en la entidad A (ver gráfico 22).

Distribución mensual



Distribución trimestral

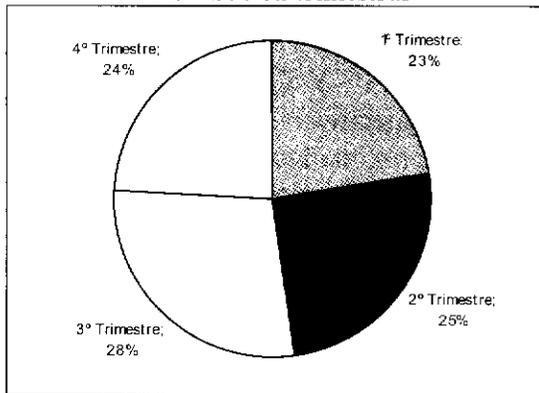
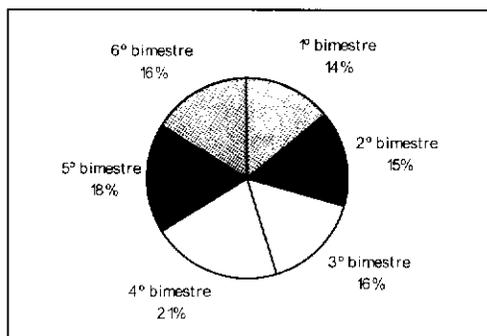


Gráfico 22: Distribución mensual y trimestral siniestros que exceden P_1 entidad B

Bimestralmente, la siniestralidad grave tanto en la entidad A como en la entidad B se concentra en el cuarto bimestre del año.

Entidad A



Entidad B

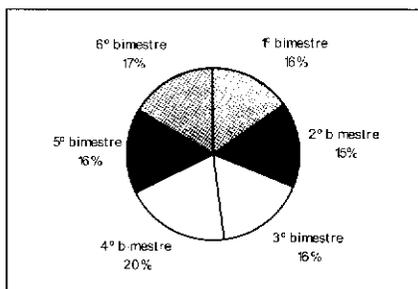
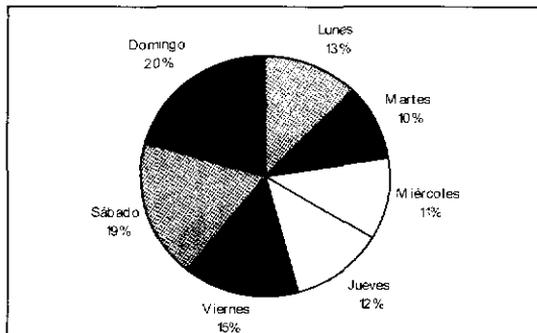


Gráfico 23: Distribución bimestral siniestros que exceden P_1 entidades A y B

El reparto diario de los siniestros extremos en la entidad A muestra una elevada concentración en el fin de semana, aunque dicha concentración es menor que la registrada para el caso de los 10 máximos anuales. Para la entidad B las mayores frecuencias de siniestralidad grave aparecen de nuevo durante el fin de semana.

Entidad A



Entidad B

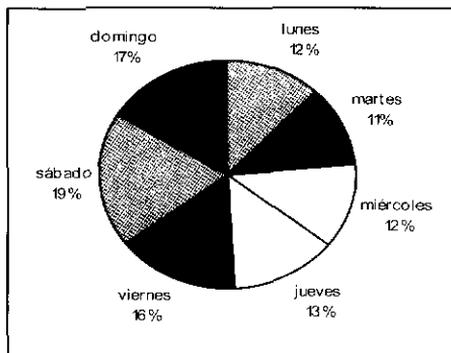


Gráfico 24: Distribución diaria siniestros que exceden P_1

En cuanto al contraste de uniformidad en la distribución de las frecuencias analizadas, a pesar de la recurrencia observada en la ocurrencia de los siniestros más graves, las diferencias no son estadísticamente significativas, tal y como indica el contraste χ^2 , formulado de modo similar al apartado anterior.

La probabilidad de los estadísticos experimentales con 11, 5 y 3 grados de libertad es 1,0000 tanto en la Entidad A como en la Entidad B y para el primer y segundo caso y 0,9996 en la entidad A y 0,9999 en la entidad B, en el tercero. Esto permite concluir que en ambas entidades y para las tres distribuciones temporales analizadas, no es posible rechazar la hipótesis nula y por tanto se ha de aceptar el hecho de que las diferencias entre meses, bimestres y trimestres no son estadísticamente significativas.

3.3.2. Estudio del coste de los siniestros que superan las prioridades P_2

Para la entidad A, la representación de los extremos que superan la prioridad P_2 (25 u. m.) frente al momento de ocurrencia, sigue sin mostrar tendencia. La regresión lineal ajustada, muestra una pendiente prácticamente nula.

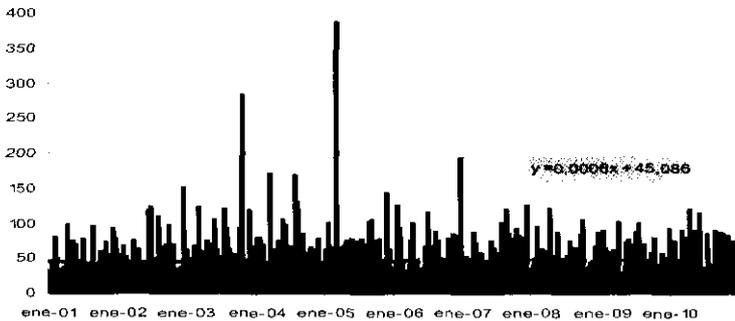


Gráfico 25: Siniestros por encima de P_2 en la entidad A

En la entidad B, la prioridad P_2 (7.500 u. m.) deja por encima el 9,4% de los datos que superan la prioridad P_0 y su representación,

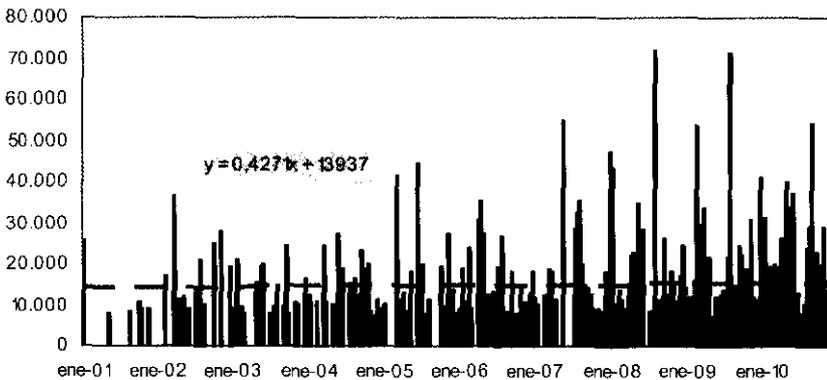


GRÁFICO 26: Siniestros por encima de P_2 en la entidad B

Tampoco muestra una tendencia ascendente en el coste de los siniestros que superan dicha prioridad. Además, como en el caso del umbral P_1 , la recta de regresión ajustada tiene pendiente positiva pero cercana a cero y aunque eliminando los 4 primeros años la pendiente resulta algo mayor, sigue siendo muy cercana a 0:

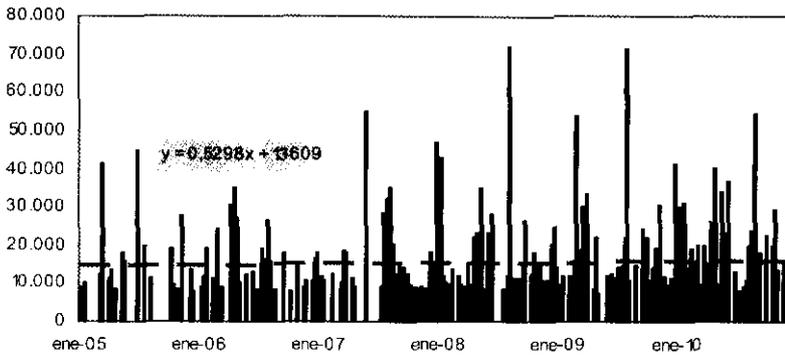


Gráfico 27: Sinistros por encima de P_2 entidad B sin los 4 primeros años

Respecto al promedio y la desviación estándar del coste de los siniestros que superan P_2 en la entidad A son respectivamente 46,33 u. m. y 26,75 u. m. En términos absolutos la dispersión ha aumentado respecto a la existente con la prioridad P_1 , sin embargo, en términos relativos, la dispersión es inferior ya que supone únicamente el 57,74% de la media frente al 84,3% que representaba P_1 . En la entidad B, el promedio es de 15.136 u. m. y la dispersión de 9.728 u. m. Igual que sucede en la entidad A, el incremento de la prioridad provoca un incremento del coste promedio y de la dispersión, sin embargo, en términos relativos la desviación estándar representa sólo el 64,3% del coste medio, frente al 100,41% que suponía con la anterior prioridad.

Para determinar si los siniestros que exceden P_2 son o no significativos frente a la masa total de siniestralidad de la entidad aseguradora B, se presenta el gráfico de la distribución porcentual entre el coste de siniestralidad de la masa total de siniestros y aquellos que superan dicha prioridad.

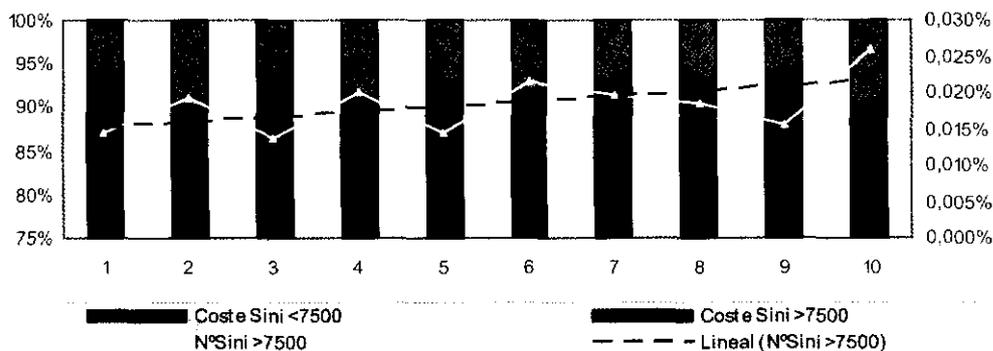


Gráfico 28: Representatividad de los siniestros que exceden P_2

El coste total de los siniestros que superan P_2 representa entre el 5% y el 10% de la siniestralidad total y su frecuencia se encuentra entre 0,014% y 0,026%, con una tendencia ligeramente al alza en los 10 años observados. Durante los peores años (2º y 10º) sólo el 0,019% y el 0,026% de los siniestros respectivamente, suponen un coste del 9,94% y 9,5% del total de la siniestralidad, mientras que en los mejores años (3º y 9º) el 0,014% y el 0,016% de los siniestros han supuesto cerca del 6% de la siniestralidad total.

- Distribución temporal de los siniestros que exceden P_2 y contraste de uniformidad en la distribución de frecuencias

En cuanto a la distribución en el tiempo de los siniestros que superan la prioridad P_2 , en la entidad A, las frecuencias mensuales y trimestrales vuelven a poner de manifiesto que existe concentración de extremos en los meses de julio (10%) y agosto (11%) y por ende durante el tercer trimestre del año. Enero, febrero y marzo, los tres con un 7%, muestran la menor frecuencia de ocurrencia de siniestralidad grave. Como también cabía esperar la agrupación por bimestres no muestra diferencias con los resultados de apartados previos.

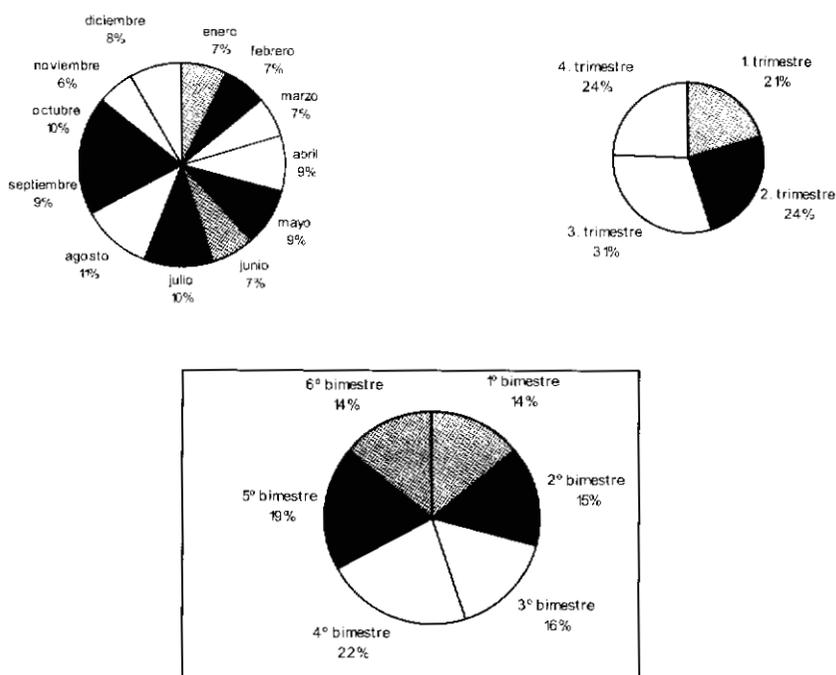


Gráfico 29: distribución mensual, trimestral y bimestral siniestros >P₂ entidad A

Aunque la distribución de la siniestralidad punta en la entidad B es algo diferente a la distribución de la entidad A, agosto (15%) despunta sobre el resto de meses. Asimismo se corroboran el tercer trimestre (30%) y el cuarto bimestre (25%) con la mayor frecuencia y el primer trimestre (22%) y el primer bimestre (14%) con la menor.

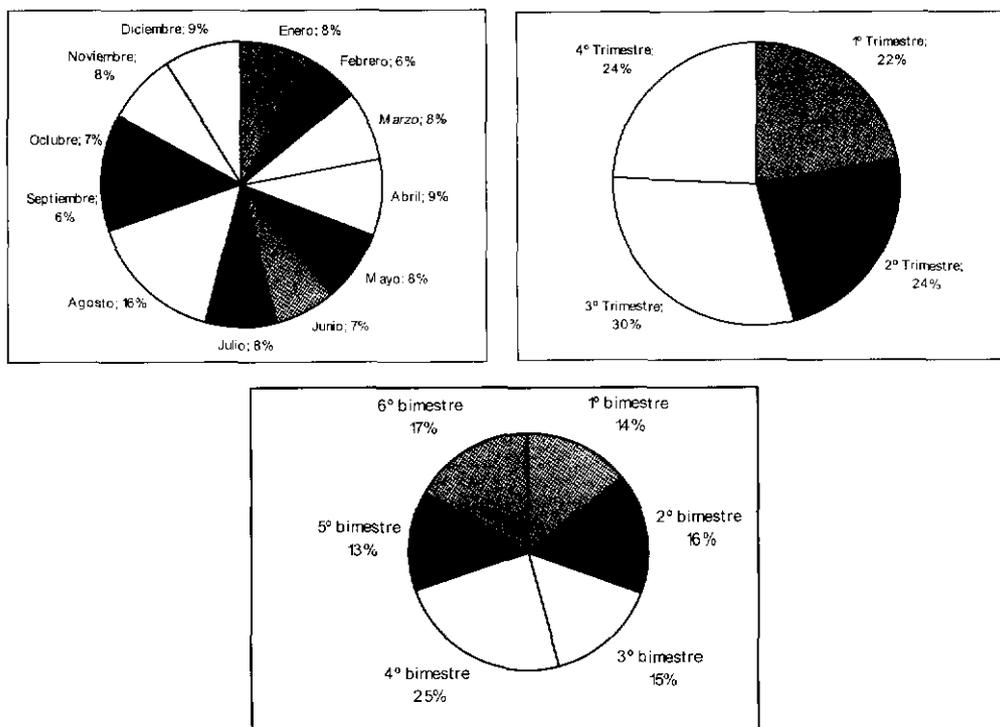


Gráfico 30: distribución mensual, trimestral y bimestral siniestros >P₂ entidad B

La probabilidad de los estadísticos experimentales con 11, 5 y 3 grados de libertad es, para las dos primeras distribuciones, 1,0000 tanto en la entidad A como en la entidad B y 0,9993 en la entidad A y 0,9996 en la entidad B en el caso de la distribución trimestral. Por tanto, y como en los casos anteriores, aunque se observa una recurrencia en el acaecimiento de los siniestros más graves, el contraste de χ^2 vuelve a indicar que dichas diferencias no son estadísticamente significativas.

3.3.3. Estudio del coste de los siniestros que exceden P₃

La prioridad P₃ es bastante elevada y el número de siniestros que quedan por encima de ella son únicamente el 2,8% y el 3% de los siniestros que superan P₀, en las entidades A y B, respectivamente.

El gráfico de los siniestros que exceden el umbral P_3 (50 u. m.) en la entidad A muestra una regresión lineal con pendiente ligeramente negativa.

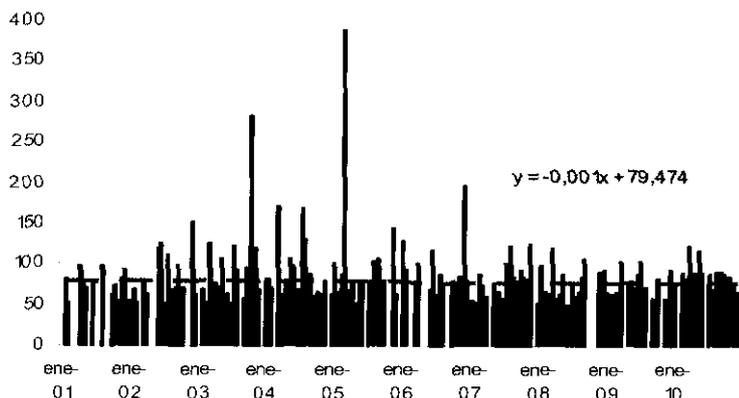


Gráfico 31: Siniestros que exceden P_3 entidad A

En la entidad B, el primero de los años del estudio tiene un único siniestro que supera 15.000 u. m. al inicio de año y en los siguientes, a pesar de existir muestra, la situación de la entidad B no es suficientemente estable como para extrapolar al resto de años el comportamiento de los primeros:

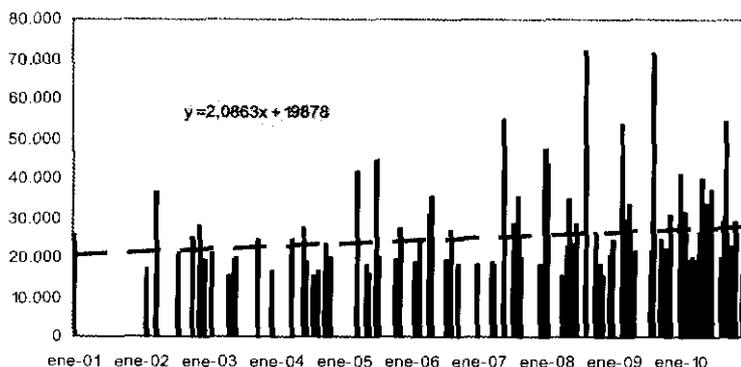


Gráfico 32: Siniestros que exceden P_3 entidad B

Como puede observarse en el gráfico 32, considerando los 10 años de historia de la entidad B, la regresión ajustada tiene una pendiente positiva indicando de esa forma el incremento temporal del coste de los siniestros superiores a 15.000 u. m. Sin embargo, fijándonos únicamente en los últimos 6 años muestrales (ver gráfico 33), la pendiente de la recta de regresión se reduce a pesar de seguir siendo positiva:

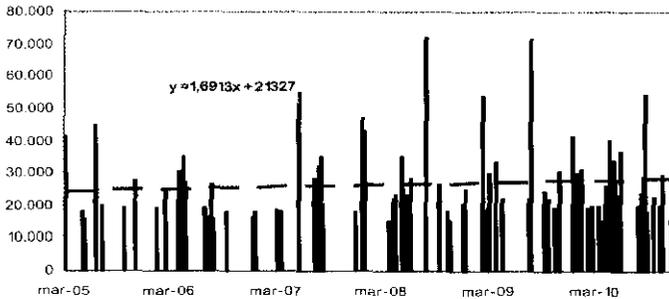


Gráfico 33: Siniestros que exceden P_3 entidad B sin 4 primeros años

En lo relativo al coste promedio de los siniestros que superan 50 u. m. en la entidad A, es 77,2 u. m., y la desviación estándar es 31,48 u. m. Esto da lugar a un coeficiente de variación es del 40,77%. En esta entidad, la desviación más fuerte de nuevo se produce en el año 5º, que, igual que ocurría con la prioridad P_2 , es el año con mayor coste promedio y mayor dispersión (89,45 y 65,37 respectivamente). En el resto de años, particularmente del sexto al décimo, el coste promedio y la dispersión son bastante regulares.

Es destacable el hecho de que un nuevo incremento en la prioridad provoca un incremento en la dispersión en términos absolutos pero no en términos relativos:

Cuadro 13: Resumen coste promedio y desviación con las distintas prioridades entidad A

Prioridad	Media	Desviación	Coefficiente de Variación	Pendiente de tendencia
P_1	21,58	18,19	84,29%	0
P_2	46,33	26,75	57,74%	0,0006
P_3	77,20	31,48	40,77%	- 0,001

El cuadro 13 demuestra que no existe ningún cambio en la tendencia derivado del incremento en la prioridad, que se muestra prácticamente plana en los tres casos. La sólida historia de la entidad A se ve reflejada en el comportamiento de sus extremos a lo largo del tiempo.

En la entidad B, el comportamiento anual del coste promedio de los siniestros que superan P_3 (15.000 u. m.) tanto considerando los 10 años de la muestra como los últimos seis años muestra cierta tendencia ascendente aunque no pronunciada.

Cuadro 14: Promedio y desviación estándar siniestros > 15.000 u. m. entidad B
10 años

Promedio		Desviación Estándar		Últimos 6 años			
Año	Total	Año	Total	Promedio		Desviación Estándar	
				Año	Total	Año	Total
1		1					
2	24.515	2	7.156	5	26.761	5	11.798
3	19.593	3	3.377	6	21.636	6	6.516
4	21.002	4	4.135	7	26.042	7	12.189
5	26.761	5	11.798	8	28.066	8	15.004
6	21.636	6	6.516	9	29.852	9	15.855
7	26.042	7	12.189	10	26.846	10	11.778
8	28.066	8	15.004	Total	26.637	Total	12.460
9	29.852	9	15.855				
10	26.846	10	11.778				
Total	25.641	Total	11.490				

Igual que sucede en la entidad A, al aumentar el umbral en la entidad B aumentan los valores absolutos de la dispersión del coste, aunque no los relativos (ver cuadro 15):

Cuadro 15: Resumen coste promedio y desviación con las distintas prioridades entidad A

Prioridad	Media	Desviación	Coefficiente de Variación	Pendiente de tendencia
P_1	6.423	6.449	100,41%	0,0718
P_1 (6 años)	6.427	6.675	103,86%	0,1858
P_2	15.136	9.728	64,27%	0,4271
P_2 (6 años)	15.275	10.325	67,59%	0,5298
P_3	25.641	11.490	44,81%	2,0863
P_3 (6 años)	26.637	12.460	46,78%	1,6913

Como se muestra en el cuadro resumen, las tendencias de los extremos han crecido con la prioridad. En el caso de las prioridades P_1 y P_2 , tomando únicamente los últimos 6 años de historia siniestral, la tendencia en los extremos es incluso mayor lo que sugiere que la entidad B, debido a su historia reciente, aún no muestra un comportamiento estable en este tipo de valores. Sólo en el caso de una prioridad P_3 , la tendencia de los últimos 6 años es inferior a la del total de la muestra.

En cuanto a la dispersión en el coste, para las tres prioridades, los últimos 6 años muestrales presentan mayor dispersión que los 10 años disponibles, contrariamente a lo que cabría esperar al ir ganando estabilidad con el paso del tiempo.

Nuevamente, pero con la prioridad P_3 , se representa la distribución del coste de siniestralidad que supera la prioridad P_3 (15.000 u. m.) buscando la representatividad de estos siniestros en el conjunto total.

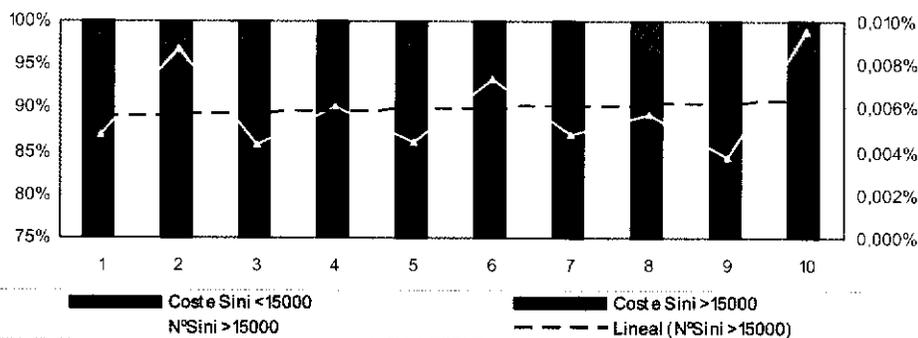


Gráfico 34: Representatividad de los siniestros >15.000 u. m.

En promedio, el coste de los siniestros que superan P_3 supone entre el 3% y el 6% de la siniestralidad total y su frecuencia de ocurrencia se encuentra entre el 0,004% y el 0,010% o entre 4 y 10 de 100.000 siniestros, con una tendencia también ligeramente ascendente.

En los peores años (2º y 10º) sólo el 0,009% de los siniestros, se repartieron el 6,3% y el 5,8% del coste total de la siniestralidad. En los

mejores años (3º y 9º) el 0,0043% y el 0,0038% de los siniestros, respectivamente, han supuesto cerca del 3% de la siniestralidad total.

- Distribución temporal de los siniestros que superan P_3 y contraste de uniformidad en la distribución de frecuencias

La distribución en el tiempo de los siniestros que superan la prioridad P_3 , en las entidades A y B, mantiene la concentración de extremos en los meses y trimestres tal y como se ha venido observando en los últimos apartados con las distintas muestras de siniestros graves.

En la entidad A, los meses de mayo a octubre suman el 58% de la siniestralidad grave anual, encontrándose las mayores frecuencias en octubre y de nuevo en agosto. Son por tanto, el 4º y 5º bimestre los periodos con más propensión a siniestros que superen la prioridad P_3 . El segundo bimestre, donde se localiza la Semana Santa, presenta incluso la menor de todas las frecuencias bimestrales.

Asimismo, el tercer trimestre sigue marcando la máxima frecuencia al igual que ocurre con las prioridades P_1 y P_2 .

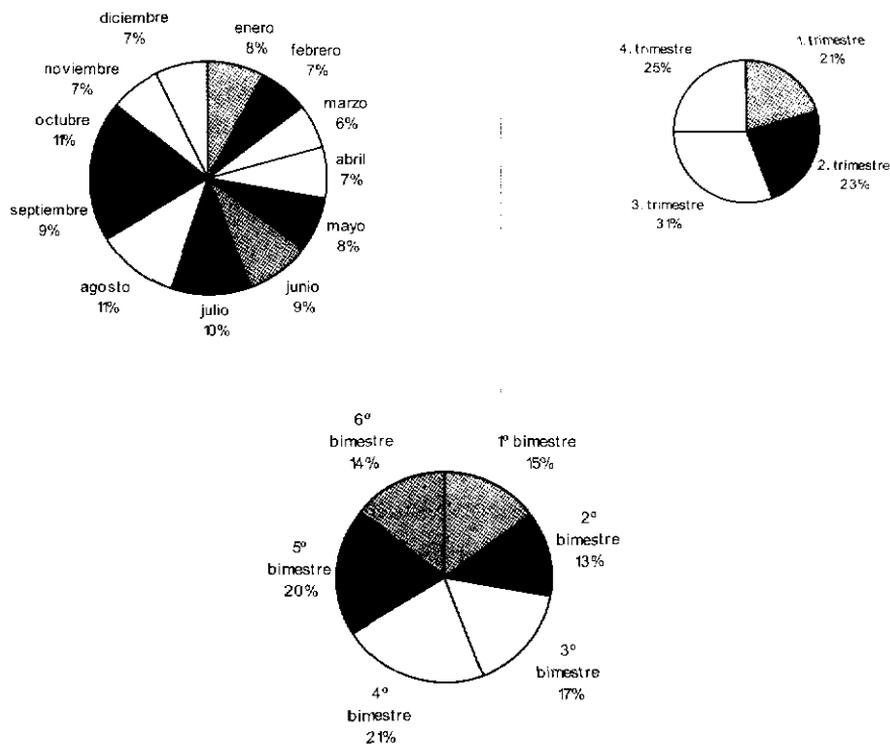


Gráfico 35: Distribución mensual y trimestral de los siniestros > P₃ en la entidad A

Aunque en la entidad B la distribución de la siniestralidad por encima de P₃ es algo diferente a la distribución en la entidad A, agosto vuelve a ser el mes con mayor frecuencia de siniestralidad grave. El segundo bimestre, alcanza en este caso la frecuencia del 4º, haciendo que el peor trimestre (por primera y única vez) sea el segundo. Por lo general, el primer bimestre y febrero parecen ser las épocas del año con menor propensión a la ocurrencia de extremos.

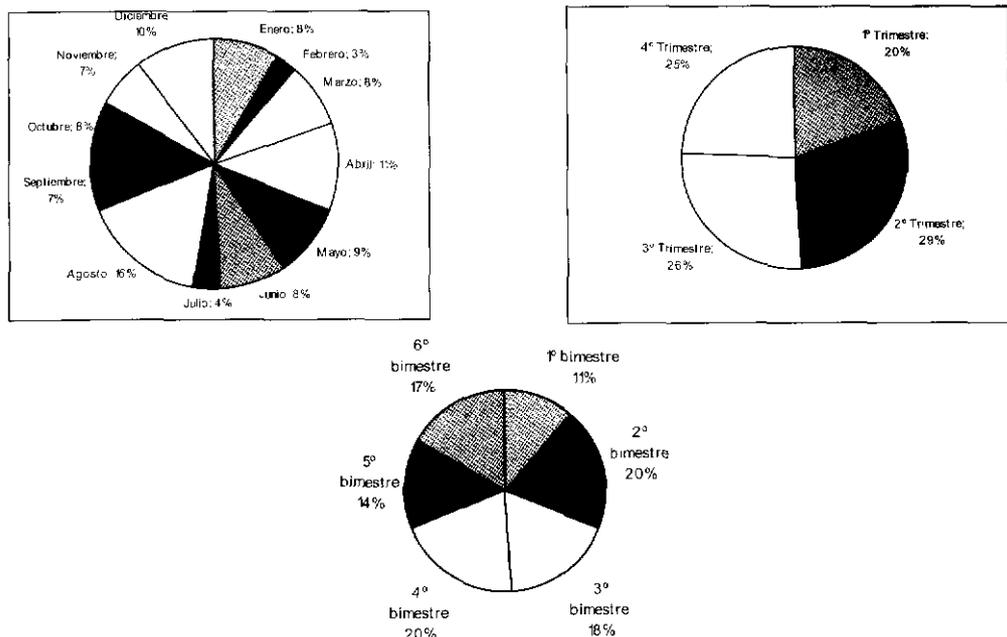


Gráfico 36: Distribución mensual y trimestral de los siniestros > P₃ en la entidad B

De nuevo, el contraste de la χ^2 vuelve a indicar que las diferencias entre las frecuencias mensuales y trimestrales no son estadísticamente significativas. La probabilidad de los estadísticos experimentales con 11, 5 y 3 grados de es igual a 1,0000 tanto en la Entidad A como en la Entidad B para las distribuciones mensual y bimestral y 0,9992 en la entidad A y 0,9993 en la entidad B en el caso de la distribución trimestral.

4. ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS MEDIOS DE DECLARACIÓN Y DE LIQUIDACIÓN

La información disponible referente a estas variables, sólo ha permitido realizar este análisis en la entidad B pero las conclusiones extraídas resultan muy significativas.

Para llevar a cabo el estudio, en primer lugar, se ha tomado una muestra de siniestros cuyo coste indexado (expresado en u. m. equivalentes o reales) supera las 1.500 u. m. en alguno de los 10 años

estudiados. Dicha muestra se ha dividido en intervalos y para cada uno de ellos, se ha calculado su frecuencia (sobre el total de siniestros que superan las 1.500 u. m.) y su coste medio:

Cuadro 16: Frecuencia y coste medio de la siniestralidad > 1.500 u. m.

Intervalos de Coste Indexado	% de siniestros en intervalo	Coste medio actualizado
1.500-2.000	38,15%	1.712
2.000-2.500	17,11%	2.226
2.500-3.000	9,26%	2.727
3.000-4.500	14,21%	3.636
4.500-6.000	7,58%	5.218
6.000-7.500	4,26%	6.608
7.500-10.000	3,32%	8.668
10.000-15.000	3,15%	12.083
15.000-20.000	1,27%	17.586
20.000-25.000	0,64%	22.705
25.000-30.000	0,41%	27.719
30.000-40.000	0,30%	33.794
40.000-50.000	0,17%	43.027
> 50.000	0,17%	61.126

100%

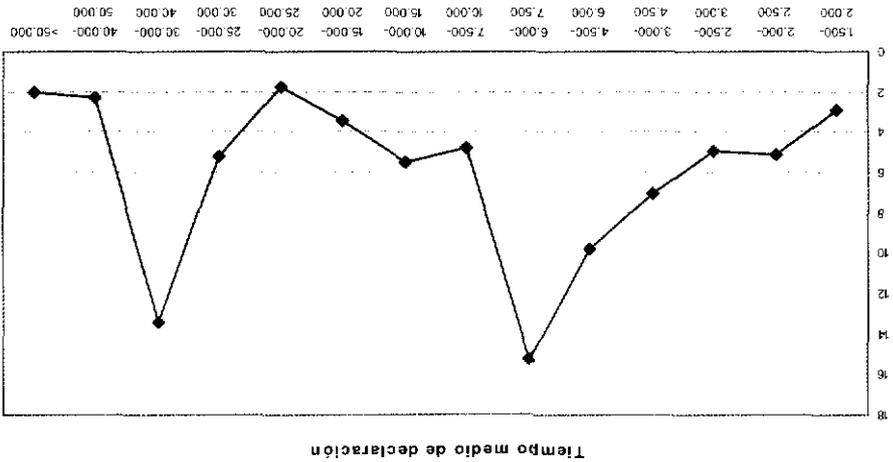
La valoración del *tiempo medio de declaración* para estos intervalos de coste, medido en días, a través de la diferencia entre la fecha de declaración y la fecha de ocurrencia, se muestra en el siguiente gráfico,

Incluso eliminando los 5 siniestros con mayores tiempos de declaración, el gráfico del tiempo medio de declaración permanece sin mostrar relación entre coste y tiempo de declaración.

El tiempo medio de declaración de todos los siniestros que superan 1.500 u. m. ponderando por el número de siniestros en cada intervalo, es 5,3 días. Los resultados obtenidos muestran que no existe relación entre el coste del siniestro y su tiempo diario de declaración. Los mayores lapsos temporales entre el momento de ocurrencia y el momento de la declaración no se corresponden con aquellos siniestros que presentan la cuantía mas grande. El mayor tiempo de declaración se dio en un siniestro de 2.050 u. m. de coste (ubicado en el segundo intervalo) que tuvo un tiempo de declaración de 952 días. Este tipo de situaciones son extraordinarias y se deben, en la mayor parte de los casos, a la inexistencia de parte de siniestralidad del asegurado, habitualmente provocada por el pequeño importe del siniestro.

donde el eje de abscisas muestra el coste medio del intervalo y el eje de ordenadas el número medio de días que han tardado en declararse los siniestros de dicho intervalo.

Gráfico 37: Tiempo medio de declaración de la siniestralidad superior a 1.500 u. m.



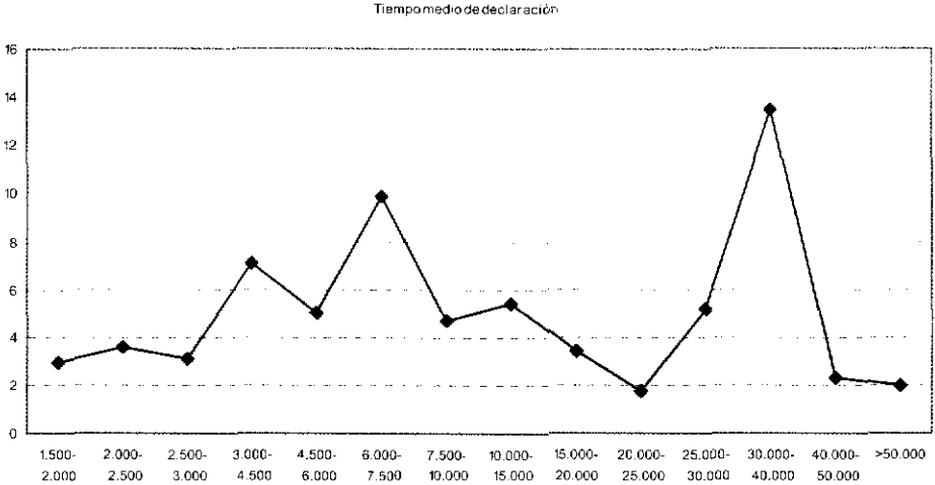


Gráfico 38: Tiempo medio de declaración de la siniestralidad >1.500 u. m. corregido

La valoración del tiempo medio de liquidación, en cambio, si muestra una relación clara entre esta variable y los siniestros de mayor cuantía.

A continuación se representa el tiempo medio de liquidación en días por intervalos de los siniestros superiores a 1.500 u. m. ya terminados, tomando el coste nominal de los mismos indexado:

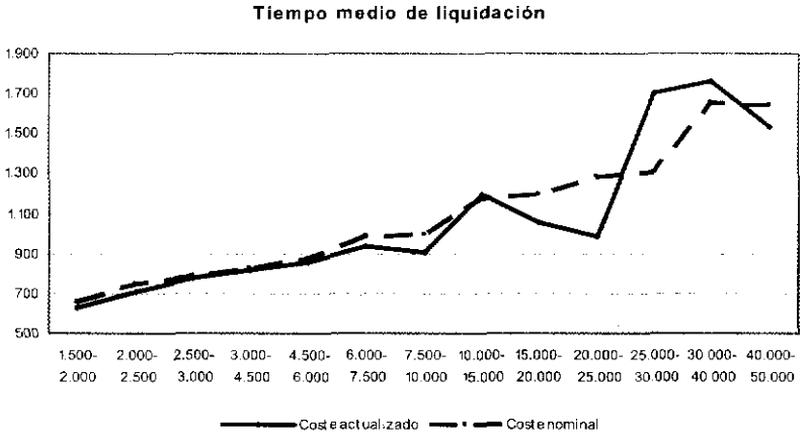


Gráfico 39: Tiempo medio de liquidación de siniestralidad superior a 1.500 u.m

La línea discontinua, que considera el tiempo de liquidación tomando el coste nominal de los siniestros, muestra claramente la relación directa entre ambas variables: cuanto mayor es el coste mayor el tiempo de liquidación.

En los dos últimos intervalos, el tiempo de liquidación medio es casi de 1.700 días, mientras que en los primeros el tiempo es de aproximadamente 700 días.

El mayor tiempo de liquidación de los siniestros graves tiene un efecto financiero positivo sobre la solvencia de la compañía. Dado que no existe un mayor tiempo de declaración en los siniestros de mayor coste, la entidad cuenta con la remuneración de intereses de la provisión técnica de prestaciones durante un mayor espacio de tiempo desde su conocimiento hasta su desembolso. No obstante, el peso de esta remuneración financiera es escaso por la pequeña proporción que representan los siniestros graves en la masa total de siniestralidad y por ende en la reserva de prestaciones pendientes de la entidad.

5. CONCLUSIONES

El análisis de los valores extremos tiene gran importancia en la determinación de la solvencia de una compañía de seguros ya que un pequeño número de siniestros puede condicionar el comportamiento de toda una cartera de pólizas llegando a representar un peso relevante dentro del coste de la siniestralidad total.

Como pone de manifiesto el estudio realizado en el presente artículo, las dos entidades consideradas muestran una conducta divergente en cuanto a las tendencias del coste de sus siniestros máximos. De esta forma, mientras que la entidad A presenta una gran estabilidad en el coste de los máximos, así como en las observaciones que exceden una determinada prioridad, en la entidad B aparecen claras tendencias ascendentes en el coste. La causa de esta disparidad hay que buscarla en la propia situación de las entidades: la entidad A es una entidad estable y sólida con una base histórica recia, mientras que la entidad B ha tenido un crecimiento sobresaliente en el mercado en los últimos años, lo que ha provoca que su experiencia siniestral no se comporte

con la misma estabilidad. Por esta razón, se ha tratado con sumo cuidado la información histórica de esta entidad y se han realizado dos tipos de análisis: con la muestra completa y despreciando los primeros años muestrales de la entidad B, lo que ha derivado en unos resultados que muestran la ganancia de firmeza en los últimos años.

Tomando umbrales en lugar de máximos, la entidad A persiste en mantener tendencias planas o ligeramente negativas en sus cuantías máximas. En la entidad B, contrariamente a lo ocurrido con los máximos anuales, la siniestralidad que superaba los umbrales considerados mostraba tendencias bastante planas, aunque crecientes a medida que aumentaba la prioridad incluso tomando los últimos seis años de historia de la entidad.

En conclusión, salvando la inflación, no se detecta la existencia de tendencias en el comportamiento del coste de los siniestros extremos en ninguna de las dos entidades. Ello es debido, principalmente, a la existencia de un Baremo en España que elimina la arbitrariedad de las indemnizaciones y controla suficientemente el importe de la siniestralidad. En el ramo de Automóviles, la entrada en vigor de la 5ª Directiva⁵, o el planteamiento de un Baremo común a nivel europeo, puede provocar un cambio en esta tendencia muy al alza. En ese momento, las entidades aseguradoras deberán tratar con sumo cuidado y obviar modelos históricos basados en disímiles comportamientos.

En relación a la estacionalidad en el comportamiento de los siniestros más graves no se puede negar ni obviar que existe recurrencia en la concentración de siniestros graves en determinados periodos del año. Los contrastes de hipótesis realizados únicamente ‘contrastan’ si dichas diferencias son o no significativas, y a pesar de no serlo, no deja de ser un hecho probado la concentración y estacionalidad de la siniestralidad más grave.

Es más, así como en términos de coste, la información de ambas entidades es divergente, en cuanto a la distribución por periodos

⁵ DIRECTIVA 2005/14/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de mayo de 2005 por la que se modifican las Directivas 72/166/CEE, 84/5/CEE, 88/357/CEE y 90/232/CEE del Consejo y la Directiva 2000/26/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativas al seguro de responsabilidad civil derivada de la circulación de vehículos automóviles.

dentro del año, las entidades muestran unos resultados similares ya que en ambos casos la máxima siniestralidad se concentra en los mismos meses del año y en determinadas épocas.

Fijándonos en la distribución mensual de la siniestralidad grave, tanto los análisis con máximos anuales como los realizados con máximos por umbral, reflejan en ambas entidades que el mes de agosto es el más propenso a la ocurrencia de este tipo de siniestros, mientras que febrero aparece en todos los gráficos como el mes con menor frecuencia de siniestros punta.

Bimestralmente, siguen siendo los meses de verano (julio y agosto) los que mayor frecuencia de siniestros graves presentan. Se puede concluir por tanto que los periodos vacacionales de verano son la principal época de ocurrencia de siniestralidad extrema.

No se observa este efecto en el 2º bimestre (marzo/abril), periodo en el que tiene lugar la Semana Santa, debido a que el peso que representan 4 días sobre 60, añadiendo el hecho de que mensualmente tampoco se detecta por alternar el mes en que se celebra. En cuanto al periodo navideño, tampoco parece existir un comportamiento diferencial respecto al resto de meses o bimestres (si sumáramos enero y diciembre).

En términos trimestrales, es persistente la mayor frecuencia de grandes siniestros en el tercer trimestre, ya sea en la entidad B o en la entidad A. En ninguna de las tablas la frecuencia del tercer trimestre cae por debajo del 25% alcanzando incluso valores del 30%. En cambio, el primer trimestre, en ningún caso alcanza el 25% de la probabilidad, mostrándose así como el mejor período desde el punto de vista de la siniestralidad grave.

Semestralmente, no cabe lugar a dudas, ya que el segundo semestre, siempre y en todos los casos, presenta una frecuencia superior al 50%.

Esta regularidad demuestra que, aunque las diferencias entre meses, bimestres y trimestres no son estadísticamente significativas según el

contraste de χ^2 realizado, sí existe un comportamiento estable que el asegurador debe tener bajo consideración.

Como hecho anecdótico, puesto que ello no afecta a la solvencia del asegurador, se puede concluir que la mayoría de los siniestros graves ocurren en fines de semana. La entidad A, en mayor proporción que la entidad B, tiene concentrados sus peores siniestros en los domingos.

En cuanto a los tiempos de declaración y de liquidación, el estudio empírico realizado sobre la entidad B, comprueba que no existe una relación clara entre el tiempo de declaración y el coste de los siniestros. Incluso se observa que las entidades aseguradoras tienen más facilidad para conocer siniestros de coste elevado (pueden incluso tener repercusión social en los medios de comunicación) que siniestros de menor coste, a los por no conferirse demasiada importancia por parte de los asegurados, no son declarados tan inmediatamente tras su ocurrencia.

La muestra de siniestralidad de la entidad B, ha permitido comprobar que sí existe relación entre el tiempo de liquidación y el coste de los siniestros. Cuanto mayor es el coste, mayor el tiempo en terminar y liquidar completamente el siniestro.

Finalmente, respecto a la relevancia de los extremos, la calidad de la base de datos de la entidad B, que ha permitido su estudio, muestra que, incluso tomando la más alta prioridad ($P_3 = 15.000$ u. m.) y en la mejor de las situaciones ocurridas el 0,004% (4 de cada 100.000 siniestros), los extremos han tenido un peso del 3% dentro de la siniestralidad total de la compañía.

BIBLIOGRAFIA

1. García Pérez, A. (2004), *La Teoría del Valor Extremo: fundamentos y aplicación al seguro, ramo de responsabilidad civil de autos*. Cuadernos de Seguro, nº 83. Fundación MAPFRE Estudios.
2. International Actuarial Association (2004), *A global framework for insurance solvency assessment*. Research Report of the

- Insurance solvency assessment working party. International Actuarial Association.
3. International Association of Insurance Supervisors (IAIS) (2005), *A new framework for insurance supervision: Towards a common structure and common Standards for the assessment of insurer solvency*. www.iais.org
 4. International Association of Insurance Supervisors (IAIS) (2005), *Insurance principles, standards and guidance papers*. www.iais.org.
 5. Këllezhi, E. y M. Gilli (2000), *Extreme Value Theory for Tail-Related Risk Measures*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands
 6. Pérez-Fructuoso, M. J. y A. García Pérez (2004), Aplicación de la teoría del valor extremo al ajuste y modelación de catástrofes. *Gerencia de Riesgos y Seguros*. Número 88, 4.º Trimestre 2004, pp. 19-32.