Análisis de cambios de tendencias de indicadores de salud ocupacional en España, en el periodo 1995 a 2017

Analysis of trends and breakpoints in the evolution of occupational health indicators in Spain, in the period 1995 to 2017

Vicente-Salvador Gallego-Blasco, Sebastián-Salvador Martorell-Alsina y Ana-Isabel Sánchez-Galdón

Universidad Politécnica de Valencia (España)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9132

1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes laborales suponen cargas considerables a las personas, las empresas y a la sociedad en general, siendo el análisis de la salud ocupacional un área de interés. En la literatura se pueden consultar multitud de estudios enfocados al análisis de indicadores de salud ocupacional. Estos estudios se limitan, en algunos casos, a un mero análisis descriptivo de la evolución, por ejemplo, de las tasas de incidencia de accidentes laborales. En otros casos, los estudios están enfocados a establecer una relación entre los indicadores de salud ocupacional y sus causas. Así, existen trabajos que analizan el impacto de las políticas de prevención de riesgos laborales en el comportamiento de los indicadores de salud ocupacional [1] mientras otros se centran en el efecto de variables macroeconómicas [2]. Este interés también queda patente a nivel nacional con estudios que analizan la relación entre el ciclo económico y los accidentes de trabajo [3] o el impacto de la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo en el comportamiento de los indicadores de salud ocupacional [4].

En este contexto, el análisis de tendencias y la identificación de puntos de inflexión en la evolución de series temporales relacionadas con indicadores de salud ocupacional es una herramienta importante para ayudar a determinar en qué medida los cambios en el ciclo económico (expansión, recesión, crisis) o estructurales (participación de cada sector productivo en el empleo, la composición del mercado laboral, etc.) han podido influir en el comportamiento de estos indicadores [4,5].

En la literatura se utilizan diferentes técnicas no paramétricas y paramétricas para la estimación de tendencias y puntos de inflexión [6]. En este trabajo, se utiliza la regresión "joinpoint" para identificar el año en que se producen cambios significativos en la tendencia de los indicadores de salud ocupacional y estimar la magnitud del aumento o disminución observado en cada segmento.

El estudio se centra en el análisis del comportamiento de series temporales relativas a indicadores de salud ocupacional en España, en el periodo comprendido entre 1995 y 2017, e incluye los sectores de la industria, de la agricultura, de la construcción y de servicios. El análisis abarca un período de inestabilidad excepcional en la economía y en el mercado de trabajo español, incluyendo un período de crecimiento económico y de profunda recesión. Adicionalmente, durante el periodo analizado se han introducido cambios normativos que afectan, entre otros aspectos, a la cobertura de los accidentes de trabajo.

En el marco de la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo [7], se han promulgado nuevos reglamentos con el objetivo de lograr una reducción continua y significativa del nivel de accidentes laborales, aproximándose a las cifras medias de la Unión Europea en materia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Así, la Ley 20/2007 [8] estableció la cobertura obligatoria de contingencias profesionales a los trabajadores autónomos, pero sólo para los económicamente dependientes. A continuación, la Ley 27/2011 [9] amplía la cobertura obligatoria de accidentes de trabajo para los nuevos trabajadores autónomos, mayores de 30 años. Por otra parte, el sector de trabajadores del régimen especial agrario por cuenta propia pasó al Régimen Especial de Trabajadores Autónomos (RETA), con cobertura obligatoria en 2008 y, el resto de trabajadores agropecuarios, o trabajadores del régimen especial agrario por cuenta ajena, pasaron a incorporarse al Régimen General de la Seguridad Social, con cobertura obligatoria, en 2012 [10]. Estos factores o cambios legislativos pueden influir en la evolución de diferentes índices estadísticos relacionados con la salud ocupacional, los cuales se recogen de manera regular atendiendo al mandamiento reglamentario en España.

Los principales indicadores utilizados en las estadísticas de accidentes de trabajo en España para analizar la evolución de la salud ocupacional son los siguientes: Índice de Incidencia (*II*), Índice de Incidencia de accidentes Mortales (II_M), Índice de Gravedad (*IG*), Índice de Frecuencia de accidentes Mortales (IF_M) y Duración Media de las Bajas (*DMB*).

En este contexto, el objetivo del artículo se centra en el análisis del comportamiento de los indicadores de salud ocupacional con la finalidad de detectar cambios de tendencia y puntos de ruptura en la evolución temporal de los mismos. La detección de estos comportamientos en la serie temporal puede proporcionar información relevante sobre el efecto que los cambios estructurales y económicos tienen en los indicadores de salud ocupacional.

El artículo se organiza en los siguientes apartados. En la sección 2, se describen los principales indicadores de salud ocupacional y su relación con las métricas de riesgo. En la sección 3, se describen los datos y el método aplicado para el análisis de la evolución de los indicadores. En las secciones 4 y 5 se presentan, respectivamente, el caso de aplicación desarrollado y las conclusiones.

2. INDICADORES DE SALUD OCUPACIONAL Y MÉTRICAS DE RIESGO

El riesgo (*R*) asociado con la posibilidad de que ocurra un accidente de trabajo se puede formular, matemáticamente, en términos de sus dos componentes: probabilidad (P) o frecuencia (F) de ocurrencia del accidente y, el daño (D) asociado [11]. Para ello se adoptaría, respectivamente, la ecuación (1) o (2):

$$R = P \cdot D \quad (1)$$

$$R = F \cdot D \quad (2)$$

El primer componente de riesgo, *P*, se puede estimar a partir de la relación entre

el número de accidentes y el promedio de trabajadores expuestos, habitualmente en un periodo de un año. Alternativamente, *F* puede estimarse a partir de la relación entre el número de accidentes y el número de horas trabajadas (horas-trabajador) en un año. El segundo componente de riesgo, *D*, representa el daño, es decir, la gravedad de la lesión profesional resultante del accidente de trabajo, pudiendo expresarse cualitativamente (por ejemplo, leve, grave, mortal, etc.) o cuantitativamente (por ejemplo, días de baja, coste económico, etc.). En consecuencia, se puede establecer una relación entre el riesgo de un accidente de trabajo o sus componentes con respecto a los principales indicadores utilizados en las estadísticas de accidentes de trabajo, tales como las relaciones que se muestran en la Tabla 1 [12,13] donde se ha utilizado la siguiente notación:

- *NA*: Número de accidentes de trabajo con baja laboral.
- *NT*: Número medio de trabajadores expuestos al riesgo.
- *NH*: Horas-persona efectivas trabajadas.
- *DP*: Días de duración de la baja médica.
- *RS*: Riesgo Social.
- *RI*: Riesgo Individual.
- *RC*: Riesgo Colectivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se centra en España y considera el período comprendido entre 1995 y 2017. Los datos necesarios para el cálculo de los diferentes indicadores de salud ocupacional se han obtenido a través de la Subdirección General de Estadística del Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social.

Con el objetivo de identificar en qué años se producen cambios significativos en la tendencia de los principales indicadores de salud ocupacional presentados en la sección 2, se han de construir modelos de regresión "joinpoint" (de punto de cambio), es decir, modelos que identifican los puntos de inflexión en la evolución temporal de los indicadores y estiman la tendencia observada en los diferentes intervalos definidos por dichos puntos de inflexión. Así, el modelo de regresión "joinpoint" es lineal por tramos o segmentos que caracterizan la tendencia en los datos, identificando los puntos donde ocurren cambios en la misma. Este modelo consigue un mejor ajuste comparado con un modelo lineal, que reduce la tendencia a una única regresión.

Sean *n* observaciones $(t_1, y_1), (t_2, y_2), \ldots, (t_n, y_n)$ siendo t_i el tiempo cronológico e y_i el valor correspondiente al índice de salud ocupacional considerado. La regresión "joinpoint" viene dada por la ecuación (3).

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \delta_1 (t - \tau_1)^+ + \ldots + \delta_\kappa (t - \tau_\kappa)^+ + \varepsilon_i \quad (3)$$

siendo κ el número desconocido de puntos de cambios, τ_i los puntos donde se produce el cambio en la tendencia, y los coeficientes de regresión y ε_i los errores aleatorios.

En la literatura, se han propuesto diferentes criterios para la selección de modelos como, por ejemplo, el BIC (Criterio de Información Bayesiano), AIC (Criterio de Información de Akaike), etc. [14] En este artículo, para seleccionar el modelo más adecuado, se ha utilizado una modificación del Criterio de Información Bayesiano (*MBIC*) propuesto en [15]. La principal ventaja que presenta el uso de criterios de información es la selección del modelo que mayor capacidad explicativa tiene con el menor número de parámetros posibles, penalizado la complejidad de los modelos que se incrementa con el número de parámetros. Para cada uno de los segmentos identificados se puede estimar el Porcentaje de Cambio Anual (PCA) y el intervalo de confianza asociado. El *PCA* desde el año t al año t+1 se evalúa utilizando la ecuación (4).

$$PCA(\%) = \frac{y_{t+1} - y_t}{y_t} \cdot 100 = (e^{\alpha} - 1) \cdot 100 \quad (4)$$

donde α es la pendiente de la ecuación

$$ln(Y_t) = \alpha \cdot t + \beta \quad (5)$$

Para estimar los diferentes modelos se ha utilizado el software "Joinpoint" [16].

Índice	Descripción	Expresión	F/P	D	R
II	Índice de Incidencia	$II = \frac{NA}{NT} \cdot 10^5$	X		
IF	Índice de Frecuencia	$IF = \frac{NA}{NH} \cdot 10^6$	X		
DMB	Duración Media de las Bajas	$DMB = \frac{DP}{NA}$		X	
IG	Índice de Gravedad	$IG = \frac{1}{10^3} \cdot IF \cdot DMB = \frac{DP}{NH} \cdot 10^3$			RS
II_M	Índice de Incidencia de accidentes mortales	$II_M = \frac{NA_M}{NT} \cdot 10^5$			RI
IF_M	Índice de Frecuencia de accidentes mortales	$IF_M = \frac{NA_M}{NH} \cdot 10^8$			RC

Tabla 1: Principales indicadores de salud ocupacional y su relación con las componentes del riesgo [10]

4. RESULTADOS

En primer lugar, antes de mostrar los resultados del análisis, en la Fig. (1) se muestra la evolución temporal de los indicadores presentados en la sección 2, para el periodo analizado (1995-2017) en España. En dicha figura se puede observar que los diferentes índices de salud ocupacional presentan fluctuaciones a lo largo del periodo analizado. La evolución del *II* comienza con un ascen-

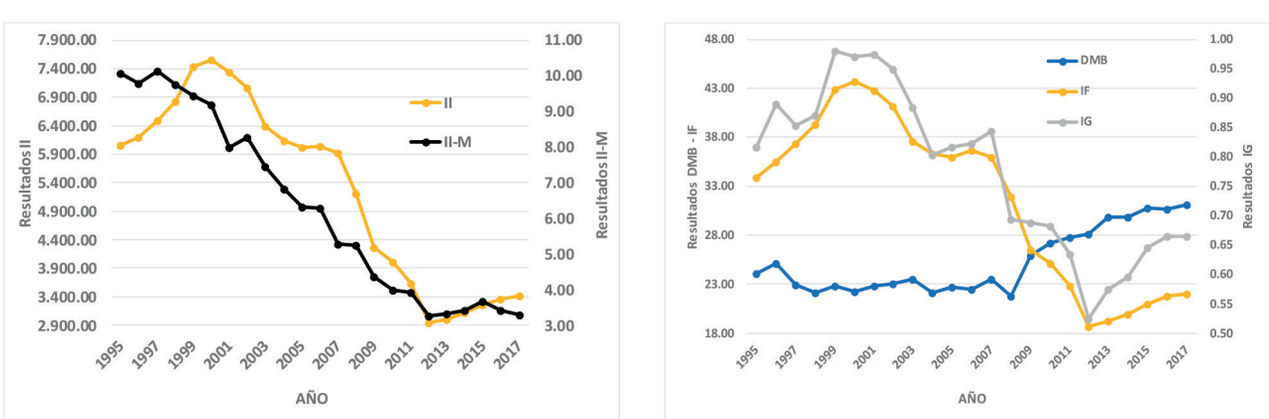


Figura 1: Evolución de los indicadores de salud ocupacional en España en el período 1995-2017

so hasta el año 2000 donde se alcanza un máximo de 7558 accidentes por cada cien mil trabajadores. Posteriormente, se inicia un descenso en el índice con un ligero incremento en el año 2006. El mínimo en la serie temporal se observa en el año 2012, año en el que se inicia un incremento en el *II* que ha continuado hasta el 2017. En el caso del II_M, se observa un descenso progresivo durante el periodo analizado, pasando de un valor de 10.1 accidentes mortales por cada cien mil trabajadores en el año 1995 a 3.28 en 2017. Respecto a la *DMB* se distinguen dos etapas, la primera de ellas, hasta el año 2008, en la cual dicho índice parece fluctuar alrededor de un valor de 21 días de baja por accidente, y una etapa posterior, en la que se observa un crecimiento de dicho índice hasta alcanzar un valor máximo en el año 2017 con un valor de 31 días. La evolución en el *IF* es muy similar a la observada para el *II*. Finalmente, el *IG* presenta diferentes etapas de crecimiento y decrecimiento, alcanzando un máximo en el año 1999 de 0.98 jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas. Posteriormente, a partir del año 2001 se observa un descenso continuado hasta el año 2004 donde se inicia una etapa de crecimiento que se mantiene hasta el año 2007. A partir de dicho año el *IG* comienza a disminuir alcanzando un mínimo en el año 2012 con un valor de 0.59 jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas. Finalmente, desde el año 2012 hasta el 2017 se observa un crecimiento continuado.

Los modelos de regresión "joinpoint" permiten analizar la evolución de las tendencias y puntos de ruptura de manera más precisa que el análisis meramente cualitativo hecho anteriormente. Para ello, se obtuvieron los modelos fijando un número máximo de puntos de cambio de 4 y el mínimo número de datos en la tendencia lineal en los extremos de 5 con el objetivo de reducir la posibilidad de tendencias que fueran simplemente el resultado de una fluctuación aleatoria en los datos [17]. La Fig. (2) muestra los gráficos de regresión "joinpoint" para los índices *II*, II_M, *DMB*, *IF* e *IG*.

Además, en la Tabla 2 se muestran los valores estimados para el PCA de los índices anteriores en los diferentes segmentos temporales de tendencia obtenidos con los modelos de regresión "jointpoint". La estimación del PCA se ha realizado a partir de la ecuación (4). Junto a dichos valores se han ubicado diferentes Leyes y Reales Decretos aprobadas o modificadas durante el período analizado, en concreto:

(1) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales [18].
(2) RD 1273/2003 por el que se regula la cobertura de las contingencias profesionales de los trabajadores incluidos en el RETA, y la ampliación de la prestación por ITpara los trabajadores por cuenta propia [19].
(3) Ley 20/2007, reguladora del trabajo autónomo (amplía cobertura AT a mayores de 30 años).
(4) Ley 27/2011 de 1 de agosto, sobre actualización, adecuación y moder-

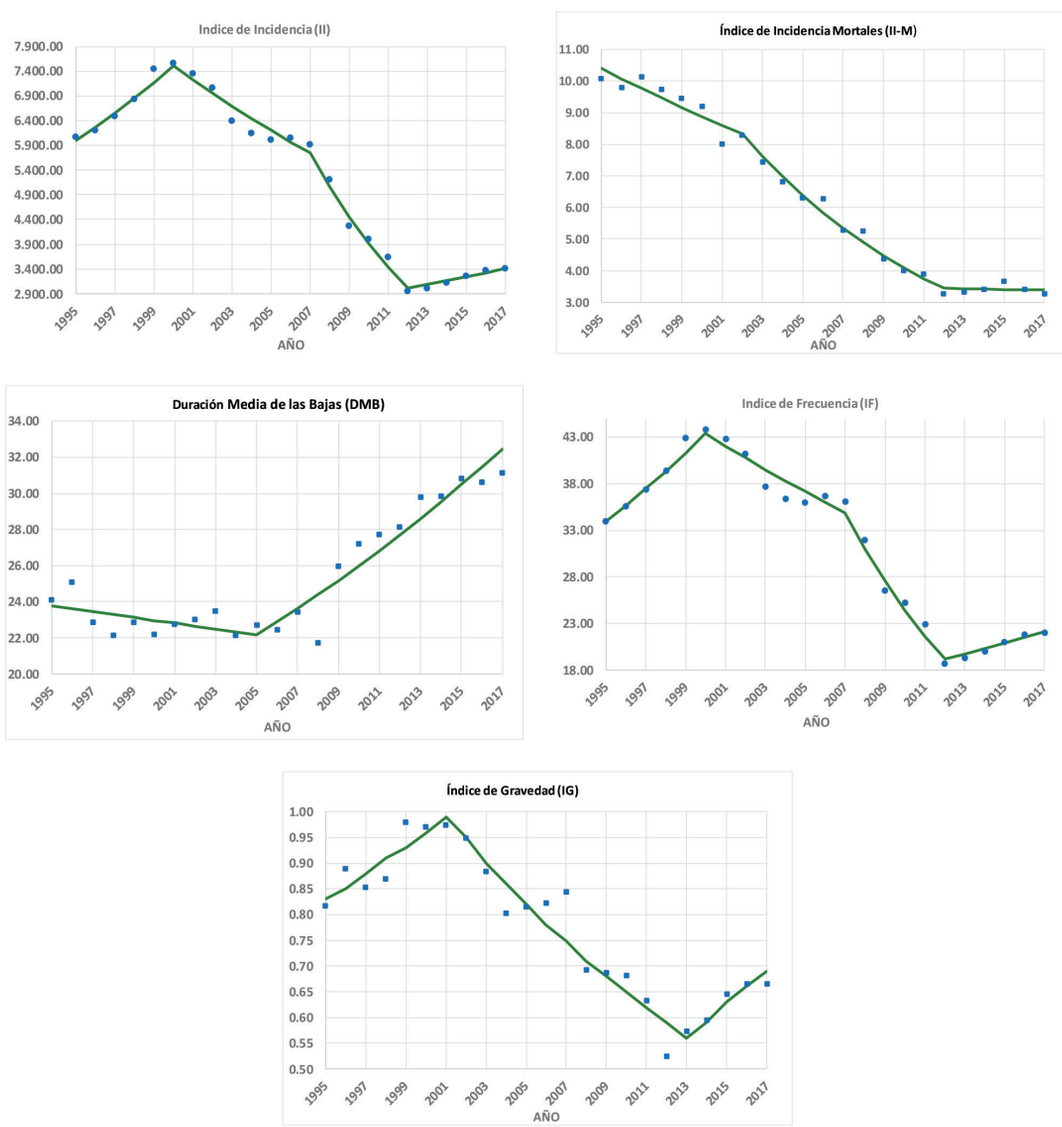


Figura 2: Resultados de la regresión "joinpoint" para los índices II, IF, DMB, IIM e IG

	Etapa desarrollo normativo								1ª etapa					2ª etapa				3 etapa					
AÑO	1995 (1)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 (2)	2004	2005	2006	2007 (3)	2008	2009	2010	2011 (4)	2012	2013	2014	2015	2016	2017
II	4.58 *					•	-3.74 *						•	-12.09 *				•	2.46 *				
II_M	-3,13 *							•	-8,47 *									•	-0.21				
DMB	-0.69										•	3,23 *											
IF	5.01 *					•	-3.06 *						•	-11.29 *				•	2.83 *				
IG	3,38 *					•	-2.91*						•	-6.88*				•	4.35 *				
*	Nivel significación 0.05					Tendencia creciente			Tendencia decreciente					Tendencia no significativa				•	Punto cambio				

Tabla 2: Tendencias y PCA estimados en la regresión "joinpoint"

nización del sistema de Seguridad Social. Ley 28/2011 de 22 de septiembre, por la que se procede a la integración del REASS en el Régimen General de la Seguridad Social. RD 1620/2011 de 14 de noviembre, por el que se regula la relación laboral de carácter especial del servicio del hogar familiar.

Si se analiza el comportamiento del *II*, se observan tres puntos de cambio correspondientes a los años 2000, 2007 y 2012. Así, tras una primera etapa donde se observa una tendencia creciente, con un valor del PCA de 4.58%, se detecta en el año 2000 un punto de cambio. A partir del año 2000 y hasta el 2012 la tendencia en el *II* ha sido decreciente con un *PCA* que ha variado desde -3.74% en el periodo 2001-2006 a alcanzar un valor de -12.09% en el periodo 2008-2011. Finalmente, a partir del año 2012 se observa, de nuevo, una tendencia creciente con un valor del PCA del 2.46 %.

En el caso de *DMB* se observa un único punto de cambio correspondiente al año 2005. En el periodo comprendido entre 1995 y 2005 no se observa una tendencia estadísticamente significativa. Sin embargo, a partir del año 2005 se observa una tendencia creciente con un valor del *PCA* de 3.23%.

La evolución del índice de incidencia de accidentes mortales, II_M, presenta dos puntos de cambio correspondientes a los años 2002 y 2012. Hasta el año 2012 el II_M presenta una tendencia decreciente con un cambio en el *PCA* del -3.13% en el primer periodo (1995-2001) y del -8.47% en el segundo periodo (2003-2011). A partir del año 2012 no se observa una tendencia significativa.

Finalmente, el *IG* presenta un comportamiento muy similar al *II*. Los puntos de cambio (2000, 2007 y 2012) coinciden con los previamente estimados para el *II* y las tendencias observadas para los diferentes tramos son también similares a las del *II* con valores del *PCA* ligeramente inferiores. Este comportamiento resulta lógico si se analiza la definición del *IG* el cual depende del *IF* (con comportamiento análogo al *II*) y del *DMB*.

En relación a los efectos de los diferentes cambios normativos y el comportamiento de los indicadores de salud ocupacional, parece que la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales tuvo un impacto positivo en el Índice de Incidencia y en el Índice de Gravedad tras un primer periodo de adaptación de las empresas. Así, se observa un cambio en la tendencia de dichos índices a partir del año 2000, con un PCA más pronunciado a partir del año 2007, coincidiendo con la crisis económica y la promulgación de la Ley Reguladora de Trabajo Autónomo.

Respecto a las Leyes 27/2011 y 28/2011 y el RD 1620/2011 relativas a la modernización del sistema de la Seguridad Social y a la integración del régimen especial agrario y el servicio del hogar familiar, se observa que su implantación coincide con un periodo de empeoramiento en la tendencia de todos los indicadores a partir del año 2012, en mayor medida sobre la tendencia positiva en el *II* y el *IG*. Sin embargo, no hay que perder de vista la relación existente entre crecimiento/decrecimiento económico y los indicadores de accidentes ocupacionales, dado el comportamiento procíclico de dichos índices con la economía.

5. CONCLUSIONES

El artículo presenta la aplicación de regresión "joinpoint" al análisis de tendencias y estimación de puntos de ruptura en la evolución de indicadores de salud ocupacional de forma globalizada en los sectores de agricultura, servicios, industria y construcción. El método puede ser un método útil para comprender las tendencias de los indicadores de salud ocupacional y analizar cómo los cambios económicos y estructurales influyen en los indicadores. Teniendo en cuenta la relación entre los índices de salud ocupacional y las componentes del riesgo, se puede concluir lo siguiente tras el análisis de la evolución de dichos índices. Existe una tendencia clara en la disminución del riesgo individual a lo largo de la serie temporal, consecuencia de una cultura preventiva que ha conseguido disminuir la incidencia de los accidentes mortales, aunque existe un estancamiento que coincide con el cambio en el comportamiento del PIB a partir del 2013. Algo parecido sucede con el riesgo social, relacionado con el *IG*, que a partir del año 2000 inicia una tendencia a la baja importante, aunque menos significativa que la del riesgo individual. Sin embargo, esta tendencia se ve truncada en 2013, a partir de donde empieza a crecer de manera significativa y que coincide con la implementación de la reforma normativa introducida en 2011. De comparar dicho *IG* con el *II* se observa un gran paralelismo entre el incremento en la probabilidad de los accidentes y el riesgo social, que se agrava para este último en la medida que los costes sociales, representados por la *DMB*, aumentan significativamente desde el año 2006.

REFERENCIAS

[1] Saphiro S.A.(2000). Occupational safety and health regulation. Encyclopedia of Law and economics, Cheltenham, Edward Elgar, 5540, pp. 596-625.

[2] Livanos I, Zangelidis A, (2013). Unemployment, labor market flexibility, and absenteeism: A Pan-European study industrial relations. A journal of economy and society, vol. 52, nº 2, pp. 492-515.

[3] Fernández-Muñiz B, Montes-Peón J.M, Camilo Vázquez-Ordás C.J, (2018). Occupational accidents and the economic cycle in Spain 1994–2014. Safety Science, vol. 106, pp. 273-284. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.029

[4] Carnero M.C, Pedregal. D.G, (2013). Ex-ante assessment of the Spanish Occupational Health and Safety Strategy (2007-2012) using a State Space framework. Reliability Engineering and System Safety, 110, 14-21.

[5] Gallego V, Martorell S, Sánchez AI, (2016).Analysis of economic and structural factor son occupational accidents using a generalized linear model: Example of application in Spain. ESREL 2016. Glasgow September

[6] Sharma S, Swayne D, Obimbo C, (2016). Trend analysis and change point techniques: a survey. Energy, Ecology and Environment. Vol. 1 nº 3, pp. 123–130.

[7] Gobierno de España (2007). Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2007-2012

[8] BOE 166 (2007). Gobierno de España. Ley 20/2007, de 11 de julio, del Estatuto del trabajo autónomo, pp. 29964-29978

[9] BOE 184 (2011). Gobierno de España. Ley 27/2011, de 1 de agosto, sobre actualización, adecuación y modernización del sistema de Seguridad Social, pp. 87495-87544

[10] BOE 229 (2011). Gobierno de España. Ley 28/2011, de 22 de septiembre, por la que se procede a la integración del Régimen Especial Agrario de la Seguridad Social en el Régimen General de la Seguridad Social, pp. 100547-100565

[11] ISO 31000:2018. Risk management. Guidelines. International Organization for Standardizarion (ISO), Geneva, Switzerland. 2018.

[12] EUROSTAT 2001. European Statistics on Accidents at Work (ESAW) - Methodology -- 2001 Edition. Directorate-General for Employment and Social Affairs (DG EMPL), Statistical Office of the European Union (EUROSTAT), Luxembourg.

[13] Martorell, S, Gallego V, Sánchez AI, (2016). On the use of accident indicators in risk based management of occupational safety and health: Example of application to Spain. Occupational Safety and Hygiene IV. p. 327-331.

[14] Zhang NR, Siegmund DO, (2007). A modified Bayes information criterion with applications to the analysis of comparative genomic hybridization data. Biometrics, vol. 63 nº. 1, p. 22–32.

[15] Schwarz, G, (1978). Estimating the Dimension of a Model. The Annals of Statistics, vol. 6 nº 2 p. 461-464.

[16] Nacional Cancer Institute. Division of Cancer Control & Population Sciences. https://surveillance.cancer.gov/

[17] Cayuela A, Cayuela L, Escudero-Martínez I, et al (2016) Análisis de las tendencias en la mortalidad por enfermedades cerebrovasculares en España 1980-2011, Neurología, vol. 31, pp. 370-378, ISSN 0213-4853, DOI: https://doi.org/10.1016/j.nrl.2014.09.002.

[18] BOE 269 (1995) Gobierno de España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales

[19] BOE 253 (2003) Gobierno de España. Real Decreto 1273/2003, de 10 de octubre, por el que se regula la cobertura de las contingencias profesionales de los trabajadores incluidos en el Régimen Especial de la Seguridad Social de los Trabajadores por Cuenta Propia o Autónomos, y la ampliación de la prestación por incapacidad temporal para los trabajadores por cuenta propia.