

EL ESTUDIO DEL CAMBIO DESDE LA PERSPECTIVA DEL ANALISIS HISTORICO DEL CAMBIO¹

ALFONSO PALMER POL

Universitat de les Illes Balears

BERTA CAJAL BLASCO

Universitat Autònoma de Barcelona.

Resumen

Se describen las ventajas que presenta, en el ámbito del estudio del cambio, el *Event History data* frente al clásico *Panel data*. Se definen los conceptos básicos de esta metodología y a continuación se utiliza el *Event History Analysis* para analizar el cambio de veredicto durante el proceso de deliberación, en jurados puros y mixtos, sobre un caso de robo a mano armada. El ejemplo utilizado sirve para introducir y explicar los diferentes índices, tipos de funciones, métodos de estimación, gráficos y pruebas de comparación propias de esta técnica de análisis.

Palabras Clave: Análisis Histórico del cambio, Análisis de supervivencia, Estimador Kaplan-Meier, Cambio, Jurado.

Abstract

We describe the advantages that, in the scope of change study, has the Event History data against the classical Panel data. We define the basic concepts of this methodology and next we use the Event History Analysis to analyze the verdict change during deliberation process, in mixed and pure juries, about a case of armed robbery. The exemple done is used to introduce and explain different indexes, types of functions, estimation methods, graphics and tests of comparison owned by this technics of analysis.

Key Words: Event History Data, Survival analysis, Kaplan-Meier estimator, Change, Jury.

Introducción

Este trabajo tiene el doble propósito de introducir las técnicas de análisis del *Análisis Histórico del Cambio (Event History Analysis) (E.H.A.)* como metodología para resolver cuestiones que tratan a la variable tiempo como resultado, tal como, ¿Cuánto tiempo pasará antes de que se produzca un determinado cambio?, y utilizar esta técnica en un campo concreto de actuación, como es la toma de decisión en jurados, a partir de los datos obtenidos en un estudio anterior (Palmer, 1986).

Cabe puntualizar que este trabajo no pretende hacer una descripción detallada de las técnicas del E.H.A. lo cuál excede al objetivo propuesto, para lo que se remite a textos tales

¹ Este trabajo se recibió en noviembre de 1992 y fué aceptado en marzo de 1994.

como Cox y Oakes (1984), Elandt-Johnson y Johnson (1980), Kalbfleisch y Prentice (1980), Lawless (1982), Lee (1980), Miller (1981), Nelson (1982). En lo que sigue pretendemos dar una visión global de esta técnica y de sus posibilidades.

En primer lugar creemos interesante enmarcar esta técnica entre las distintas posibilidades abiertas al investigador cuando éste pretende realizar un análisis dinámico de un proceso de cambio.

Este tipo de análisis ha sido utilizado con más precocidad y frecuencia en la investigación sociológica, tal como describen Tuma y Hannan (1984). El análisis temporal en dicho campo puede dividirse, siguiendo a estos dos autores, en dos tipos: la utilización de variables cualitativas por un lado, frente a la utilización de medidas cuantitativas por otro.

Vamos a revisar a continuación las estrategias utilizadas para el estudio del cambio con resultados cualitativos que son los apropiados para realizar el análisis del cambio en la toma de decisión de los miembros de un jurado.

Se define un *plan de observación* como la estrategia o esquema que se puede utilizar para la recogida sistemática de la información pertinente para algún fenómeno de interés.

Los datos sobre cambios en variables cualitativas provienen fundamentalmente de cuatro posibles estrategias que, ordenadas en términos de detalle, sobre el proceso de cambio son:

1. *Datos de panel*: Registra el estado en el que encuentran los miembros de una muestra en dos o más puntos del tiempo.

Puede ser prospectivo (selecciona una muestra y sigue a sus miembros a lo largo del tiempo) o retrospectivo (selecciona una muestra y retrocede en el tiempo en la búsqueda de los datos).

2. *Datos de frecuencia de cambio*: Contiene más información que el caso anterior ya que registra el número de tipos diferentes de sucesos en un intervalo. Cuando un sujeto sólo puede estar en uno de dos estados (por ejemplo, casado/no casado) proporciona el número de cambios, es decir el número de veces que cada estado es abandonado en un período. Cuando hay varios estados se puede registrar el número de episodios en cada estado para cada sujeto. Todavía más útil, puede dar el número de transiciones entre pares de estados, pudiendo distinguir los cambios producidos entre los estados 2 y 3, de los cambios producidos al pasar del estado 1 al estado 2.

3. *Datos de secuencia de cambio*: Registra las secuencias de estados ocupados por cada miembro de la muestra. Esta aproximación asume que la variable tiempo es irrelevante.

4. *Datos de historia de cambio*: Proporciona la información más completa ya que da la duración de todos los movimientos en una secuencia, y por tanto ofrece la secuencia de cambios y el cronometraje de los cambios.

Su nombre pretende recoger la idea de que los datos informan de la historia de todo el proceso de cambio.

Tuma y Hannan (1984) resumen su análisis de los diferentes planes de observación con el siguiente postulado, que reproducimos a continuación:

siempre que sea posible se deberían recoger datos respecto a la secuencia y al cronometraje de los cambios (pag. 22).

Este plan de observación y su análisis adopta distintos nombres según sea su campo de aplicación. Así, en el marco de la Bioestadística, se le conoce con el nombre de *análisis de la Supervivencia* (Cox y Oakes, 1984), mientras que en el campo de la ingeniería se le denomina *teoría de la fiabilidad* (Barlow y Proschan, 1975).

En Psicología, así como en Sociología, quizás el plan de observación más utilizado hasta la actualidad, haya sido el de Panel.

Revisaremos a continuación cuales son las características, ventajas e inconvenientes de este tipo de análisis.

El análisis de Panel permite estudiar la asociación entre dos (o más) variables, registrando sus valores (dos o más) en dos instantes temporales. Este análisis de asociación puede realizarse por distintos procedimientos:

1.- El análisis de tablas de contingencia por medio de los modelos log-lineales permite analizar las frecuencias de sus casillas y estimar los parámetros que determinan la relevancia de cada uno de los factores estudiados. Las desventajas más importantes residen en el hecho de que sólo pueden ser utilizadas variables cualitativas y que se precisa una muestra suficientemente grande para evitar la presencia de ceros muestrales en la tabla (distintos de los ceros estructurales).

2.- El análisis de modelos de regresión logística permite tratar el cambio entre los dos instantes temporales como una variable dependiente dicotómica que puede ser analizada sobre un conjunto de variables independientes. La ventaja de este modelo respecto al anterior es que permite incorporar variables independientes cualitativas y cuantitativas. Su gran desventaja, al igual que el caso anterior, es que no tiene en cuenta, en absoluto, el tiempo del cambio.

Estas dos estrategias de análisis ignoran el tiempo considerándolo irrelevante en el proceso de intentar modelizar las causas del cambio. Cuando se asume que el proceso de cambio responde a un proceso estocástico de tiempo continuo, nos encontramos con un tercer tipo de análisis:

3.- El modelo de Markov de tiempo continuo y estado discreto permite estudiar la matriz de transición entre estados, cuyos elementos son las probabilidades de cambio entre los estados de estudio. El problema que presenta este tipo de análisis es que pueden hallarse distintos parámetros que respondan a una matriz de transición y que el proceso presenta una gran dependencia de la variabilidad muestral.

Este conjunto de observaciones presentadas sobre el análisis de Panel es lo que hace que Tuma y Hannan (1984) afirmen lo siguiente:

Por el contrario, nos centramos en el análisis histórico del cambio, el cuál evita muchos de estos problemas pero que, sorprendentemente, ha recibido mucha menos atención (pag. 27).

Blossfeld, Hamerle y Mayer (1989) revisan las ventajas del E.H.A. frente al análisis transversal y al análisis de panel.

El *análisis transversal* presenta, para cada sujeto, su estado en un instante determinado de tiempo. Esto presupone un estado constante o estable para el sujeto, puesto que si no es así, la fotografía que dibuja el estudio transversal no representa la verdadera situación, y por tanto las conclusiones del análisis dependerán del momento temporal en que éste se realice.

Frente a este tipo de análisis transversal se sitúan los *análisis longitudinales*, los cuales tienen en cuenta el cambio y la dinámica del proceso estudiado. El análisis transversal es un caso particular, el caso más simple, de análisis longitudinal, compuesto por un único momento temporal.

En el análisis de panel de dos o más ocasiones se puede estudiar la estabilidad del estado del sujeto a lo largo del tiempo, aunque el curso de los acontecimientos individuales sigue siendo una incógnita.

El *análisis de panel* tradicional de dos momentos ha consistido, tal como señalan Willett y Singer (1989), en comparar los datos recogidos en dos estudios transversales. El problema fundamental que se presenta a la hora de analizar los resultados de un cambio y de expresar la variable de cambio respecto a un conjunto de variables explicativas, es la presencia de datos incompletos por la derecha, es decir de observaciones en las que se conocen los valores de todas las variables explicativas pero en las que el sujeto no ha realizado el cambio que se estudia.

La estrategia de análisis utilizada consiste en dicotomizar la variable de cambio dentro de un período de tiempo determinado, codificándolo con un 1 cuando el sujeto ha sufrido el cambio y con un 0 cuando éste no se ha producido. Esta nueva variable dicotómica se intenta explicar

en términos de las variables explicativas utilizadas. Esta estrategia presenta, en primer lugar, el problema de la arbitrariedad del punto de corte temporal que permite realizar la dicotomización y, en segundo lugar, produce una pérdida de potencia al eliminar una parte importante de información como es la variación temporal producida antes y después del punto de corte, ya que si el punto de corte se sitúa, por ejemplo, en $t=10$, se trata igualmente el cambio producido en $t=1$ que el producido en $t=9$.

A medida que se va ampliando el tiempo de seguimiento y por tanto se tienen más puntos de corte, disminuye el número de observaciones incompletas y aumenta la información del proceso de cambio. Cuando se realizan análisis de panel multi-ocasiones, se pueden construir las denominadas tablas de vida (*Life tables*) que permiten obtener las probabilidades de ocurrencia de un cambio cuando se pasa de un intervalo de tiempo a otro.

La técnica de E.H.A. es la que permite la reconstrucción completa del proceso continuo del cambio y una adecuada representación de cambios en variables cualitativas, los cuales pueden ocurrir en cualquier momento temporal.

Para Blossfeld, Hamerle y Mayer (1989), una de las razones aducidas para explicar el hecho de que este plan de observación no haya sido usado extensamente es:

...los investigadores no saben cómo utilizar los métodos de análisis dinámico. La estructura de los datos normalmente se contempla como demasiado compleja, asimismo los modelos estocásticos que constituyen una parte del análisis histórico del cambio no son suficientemente conocidos, y los programas estadísticos necesarios para muestras con datos incompletos son escasamente utilizados (pag. 25).

Por fortuna, tal como señalan estos mismos autores, esta situación está cambiando rápidamente y hoy en día cada uno de los aspectos señalados en el párrafo anterior han sido superados. Para ello han contribuido un buen número de artículos introductorios al análisis (Hutchison, 1988; Greenhouse, Stang y Bromberg, 1989; Singer y Willett, 1991), así como un ingente número de artículos en los que la investigación realizada se mueve, en su análisis, en el marco del *Análisis Histórico del Cambio*. Todo ello hace que los investigadores estén familiarizados ya con este tipo de análisis, encontrando además que los principales paquetes estadísticos (SPSS, BMDP, SAS) incorporan, en su estructura estadística, programas de análisis adecuados para la utilización de datos incompletos: el programa SURVIVAL en el SPSS, los módulos P1L y P2L en el BMDP, el programa LIFEREG en el SAS.

En los estudios de interacción social, los psicólogos utilizan la técnica de observación directa registrando la secuencia codificada de conductas estudiadas. El análisis de tales datos se conoce con el nombre de *análisis secuencial* (Gottman and Roy, 1989). Al registrar los datos en forma de una serie discreta de intervalos de tiempo, el análisis puede ser realizado por técnicas de cadenas de Markov. Gardner y Griffin (1989) proponen otra técnica para el análisis de datos secuenciales paralelos, es decir de flujos de conducta observada simultáneamente (tal como el flujo de mirada entre los miembros de una pareja en una discusión).

Gardner y Griffin (1989) recomiendan recoger la información de estos estudios en forma continua y aplicar sobre ellos técnicas derivadas del *Análisis Histórico del Cambio* (p.447).

Por su parte, Hutchison (1988) establece que cuando un sujeto está en uno de un conjunto de estados mutuamente exclusivos y se encuentra constantemente en riesgo de cambiar de estado, puede ser preferible ver este proceso no desde una perspectiva de panel, sino desde una perspectiva de estado discreto y tiempo continuo.

Metodología del Análisis Histórico del Cambio

La técnica estadística que permita analizar adecuadamente los datos de un estudio del cambio debería tener, tal como señala Teachman (1982), las siguientes propiedades:

- 1.- La técnica debería poder manejar observaciones incompletas.
- 2.- La técnica debería poder explicar el hecho de que el ritmo en el que los eventos ocurren puede no ser constante a través del tiempo.
- 3.- El procedimiento utilizado debería dar información sobre la proporción de sujetos que experimentan un determinado evento, el ritmo en el que los eventos ocurren y el orden de los eventos.
- 4.- El procedimiento utilizado debería poder dar estimaciones cuantificables de los efectos de dos o más variables independientes operando en un marco multivariante.

Esta técnica, buscada durante largo tiempo, se denomina *Análisis Histórico del Cambio*, que proviene del término original inglés *Event History Analysis*.

Conceptos básicos en el *Análisis Histórico del Cambio*

El marco de referencia de este análisis consiste en una situación en la que, un sujeto que en un instante determinado se encuentra en un estado i se puede situar, en un instante posterior, en un estado j . Así pues, los primeros elementos de análisis lo constituirán el conjunto de estados posibles prefijados en los que puede transitar una observación de estudio.

El E.H.A. presenta como variable dependiente observable el tiempo que tarda una unidad de observación en pasar de un estado a otro. A este cambio le denominamos un *desenlace*. Por otra parte, el E.H.A. estudia un cambio que no tiene por qué darse, en el período estudiado, en todos los sujetos. Así pues, la segunda variable relevante viene dada por aquella que indica si el cambio se ha realizado o no. Esta variable representa el estado del sujeto en el estudio y permite diferenciar los datos completos de los denominados incompletos (*censored data*).

Se habla de un dato completo cuando se conoce el momento, o el intervalo de tiempo, en el cuál se ha producido el desenlace que se estudia.

Se habla de dato incompleto cuando el desenlace no se produce durante el tiempo de estudio. En función de cuál sea la causa por la que éste no se produce se diferencian distintos tipos de datos incompletos (por desaparición, por pérdida, por finalización del estudio).

La variable aleatoria, no negativa, tiempo T se caracteriza por medio de su función de densidad $f(t)$ y de su función acumulada $F(t)$, las cuales proporcionan las probabilidades de que se realice un cambio en un intervalo pequeño alrededor de un valor t , y la probabilidad de que se haya producido un cambio desde el instante inicial hasta un tiempo determinado t .

Basadas en estas dos funciones, y en función del número de sujetos que en un instante determinado pueden realizar el cambio, concepto denominado *expuestos al riesgo*, el E.H.A. incorpora como elementos de trabajo dos funciones características: la función de Supervivencia $S(t)$ y la función de riesgo $h(t)$. Mientras la primera proporciona la probabilidad de que un sujeto no haya realizado el cambio hasta un instante t , la segunda proporciona la probabilidad condicional de que un sujeto realice un cambio en un instante dado supuesto que no lo haya realizado hasta entonces.

Las aplicaciones de estas técnicas en ingeniería impulsaron el estudio sobre los *modelos paramétricos*, que se utilizan cuando puede asumirse un modelo o distribución para la población origen de la muestra, tales como, entre otras, las distribuciones exponencial, Weibull, lognormal o gamma.

Por el contrario, las aplicaciones en medicina impulsaron los *modelos no paramétricos* utilizados cuando se desconoce la distribución teórica. En ellos los sujetos se ordenan en función del valor de la variable aleatoria. Estos últimos son los modelos habituales utilizados en las aplicaciones realizadas en el campo de las Ciencias del Comportamiento.

El objetivo del E.H.A., es estimar estas funciones, así como distintos índices descriptivos del proceso de cambio. La estimación de la función de supervivencia se puede realizar

mediante dos métodos, conocidos como el método actuarial (*life table*), utilizable cuando los datos se encuentran agrupados en intervalos, y el método de Kaplan y Meier (*product limit*), utilizable cuando se conocen los tiempos individuales.

Cuando se conozcan estos datos se podrá proceder al estudio de posibles diferencias en el proceso de cambio, en función de los distintos niveles de una variable categórica.

Otras posibilidades del *Análisis Histórico del Cambio*

El modelo más simple que permite la utilización del E.H.A. consiste en una situación en la que un sujeto tiene dos posibilidades: permanecer hasta el final del estudio sin producir ningún cambio (denominados datos incompletos *censored data*), o bien, pasar del estado inicial al estado final produciéndose, en este caso, el desenlace de interés. Este estado final suele ser un estado absorbente, en el sentido markoviano, de modo que el desenlace en cualquier caso será único.

Sin embargo, tal como señalan Bloosfeld, Hamerle y Mayer (1989), las posibilidades del E.H.A. van más allá de la situación descrita anteriormente. Cabe destacar dos modelos que amplían los conceptos unitarios de *episodio* y de *estado*:

- * *Modelo Multiepisodio*: Existe la posibilidad de que el desenlace estudiado pueda producirse, en un sujeto, más de una vez. Este podría ser el caso, si el objeto de estudio fuera la eficacia de una técnica para eliminar el hábito de fumar. Así pues, el desenlace *dejar de fumar* podrá obtenerse repetidas veces a lo largo del estudio para los sujetos reincidentes. El análisis, en este caso, se puede realizar utilizando cada desenlace como una nueva observación, supuesto que los individuos son homogéneos respecto a las características relevantes al proceso, o bien, en caso contrario, utilizar la técnica de estratificación.
- * *Modelo Multiestado*: En determinadas situaciones un sujeto tendrá la posibilidad, al realizar un cambio, de elegir entre diferentes estados alternativos. Por ejemplo, un sujeto en paro puede tener la posibilidad, entre otras, de incorporarse a un trabajo por cuenta propia, o por cuenta ajena. El hecho de que estas alternativas compitan entre sí constituyen el origen de la denominación de riesgos de competencia (*competing risks*) para este tipo de modelo.

La decisión para emplear este tipo de modelos se debería tomar, tal como señala Hachen (1988), en base a un modelo teórico del proceso estudiado del cuál se deriven las hipótesis que hagan factible el uso de este método.

La otra gran utilidad del E.H.A. lo constituye el *modelo de riesgo proporcional*, cuya forma más utilizada es el *modelo de regresión de Cox* (1972), el cual permite estudiar la influencia de variables independientes sobre la tasa de riesgo de que se produzca el cambio (Palmer y Losilla, 1991).

Diseño experimental

Los datos que se analizarán en este capítulo tienen su origen en la experiencia sobre jurados realizada por Palmer (1986) en su tesis doctoral.

El estudio fue realizado con jurados de ocho miembros -coincidiendo con el tamaño establecido en la *Proposición de Ley de Jurados* (1990), formulada con posterioridad- formados por estudiantes. Dicha experiencia consistió en un diseño factorial donde uno de los factores era el *tipo de jurado* -puro o mixto, en este segundo caso cada jurado constaba de dos miembros con conocimientos de leyes. Para la deliberación se les decía a los sujetos que el tiempo era

ilimitado pero cuando alcanzaban los 30 minutos se daba por finalizado el proceso y se declaraba al jurado sin decisión-. Las variables registradas, entre otras, fueron:

- La variable sexo.
- La variable nivel: legos (estudiantes de Psicología) o doctos (estudiantes de Derecho).
- El veredicto predeliberación y postdeliberación para cada caso, así como los cambios de veredicto producidos durante el proceso deliberativo. Las categorías de estas variables eran *inocente* o *culpable*.
- El tiempo transcurrido para cada sujeto hasta el momento en que se produce un cambio durante el proceso de deliberación de un caso determinado.

En este trabajo, el objetivo del análisis no es el estudio del veredicto final del jurado sino el del proceso de cambio de veredicto individual a lo largo del período de deliberación cuya unidad de análisis es el tiempo transcurrido hasta la ocurrencia de dicho cambio.

Si bien en el trabajo original se utilizaron resúmenes escritos de nueve casos diferentes, y con la finalidad de presentar la aplicación del E.H.A. en el estudio de los jurados, se utilizarán, únicamente, los resultados obtenidos para uno (caso 5) de los nueve casos.

El análisis que se presenta a continuación, tiene que ver exclusivamente con el estudio del cambio que va en la dirección de inocencia a culpabilidad. Por tanto, los sujetos que participan en él son únicamente aquellos que en la predeliberación emitieron un veredicto de inocencia, lo cuál significa que los datos incompletos son los sujetos que no hayan cambiado su veredicto inicial de inocencia. Sin embargo, es necesario puntualizar que este análisis se podría aplicar, del mismo modo, al estudio del cambio en la dirección de culpabilidad a inocencia o del cambio cualquiera que sea su dirección.

Análisis del tipo de jurado en la condición de tiempo ilimitado

Como ejemplo de la utilización de esta técnica procederemos a estudiar si existen diferencias en el tipo de jurado bajo la condición realista de tiempo de deliberación ilimitado.

TABLA 1.- Categorías de la variable tipo de jurado

VARIABLE NO.	NOMBRE	CODIGO	ETIQUETA CATEGORIA
1	TIPO	1	PURO
		2	MIXTO

La tabla 2 recoge los valores de una variable relevante en el análisis como es el estado del sujeto. Así el valor 1 indica aquellos sujetos que no han cambiado su veredicto de inocencia en todo el proceso deliberativo, mientras que el valor 3 indica un cambio de un veredicto de inocencia a un veredicto de culpabilidad.

TABLA 2.- Categorías de la variable estado

CODIGO DE RESPUESTA	3	I-C
CODIGO DE DATO INCOMPLETO	1	I-I

Por las características del estudio, todas las observaciones incompletas *censored* se producen por la finalización del tiempo de deliberación ($t=1800$ sg.), lo cuál constituye los denominados datos incompletos por la derecha (*right censored*).

El primer objetivo del E.H.A. consistirá en estimar los valores de la función de supervivencia que proporcionan una descripción del proceso de cambio. Conviene recordar que mientras que la función de distribución $F(t)$ es una función creciente, la función de supervivencia $S(t)$ es una función decreciente, estableciéndose la relación $S(t)=1-F(t)$ entre ellas.

Si bien la estimación de $S(t)$ puede realizarse por medio del método actuarial, al disponer de los tiempos individuales es más informativo el método de Kaplan-Meier, el cuál utiliza toda la información disponible (Tabla 3).

TABLA 3.- Estimación Kaplan-Meier de la función de supervivencia en el jurado puro

ANALISIS METODO LIMITE-PRODUCTO VARIABLE DE GRUPO ES TIPO CATEGORIA=PURO									
VARIABLE = TIEMPO									
NUMERO CASO	TIEMPO SEGUNDOS	ESTADO	FUNCION DE SUPERVIVENCIA	ERROR ESTANDAR	CUM I-C	CUM PERDIDOS	EXPUESTOS AL RIESGO	RIESGO ACUMUL.	ERROR ESTANDAR
106	120.00	I-C			1	0	8		
122	120.00	I-C	0.7778	0.1386	2	0	7	0.2513	0.1782
121	126.00	I-C	0.6667	0.1571	3	0	6	0.4055	0.2357
114	183.00	I-C	0.5556	0.1656	4	0	5	0.5878	0.2981
108	236.00	I-C	0.4444	0.1656	5	0	4	0.8109	0.3727
97	900.00	I-C	0.3333	0.1571	6	0	3	1.0986	0.4714
100	995.00	I-C	0.2222	0.1386	7	0	2	1.5041	0.6236
98	996.00	I-C	0.1111	0.1048	8	0	1	2.1972	0.9428
101	997.00	I-C	0.0000	0.0000	9	0	0		

La función de supervivencia (*Cumulative Survival*) en un instante t proporciona la probabilidad de que en el conjunto de sujetos no se haya producido el desenlace estudiado hasta este instante. Así pues, en nuestro análisis esta función proporciona la probabilidad de que no se haya cambiado el veredicto inicial de inocencia. Por ejemplo, la probabilidad de que no se haya realizado un cambio en el veredicto durante los primeros 900 segundos desde el inicio de la deliberación es del 33.33% (ver tabla 3).

Un índice descriptivo clásico lo constituye la media aritmética, que al existir datos incompletos, proporciona un estimador pesimista (sesgado) del valor real. El E.H.A. permite obtener el tiempo medio de supervivencia, así como su error estándar, por un procedimiento que incorpora los tiempos correspondientes a datos incompletos. Para ello se tienen en cuenta los tiempos en los que se ha producido algún cambio y los valores de la función de supervivencia en dichos puntos.

TABLA 4.- Localización y variabilidad del tiempo de no cambio en el jurado puro

TIEMPO MEDIO DE MANTENIMIENTO =	519.22	S.E. =	144.029
---------------------------------	--------	--------	---------

Asimismo, podemos obtener el valor de los cuantiles. En este caso, el percentil 50 proporciona el valor $t=236$, lo cuál significa que un 50% de las observaciones no han cambiado su veredicto en los 226 segundos iniciales del proceso de deliberación. Debido a que las distribuciones de supervivencia suelen ser asimétricas, es mejor índice descriptivo la mediana que la media.

TABLA 5.- Valores de los cuantiles del tiempo de cambio

CUANTIL	ESTIMADOR	ERROR ESTÁNDAR ASINTÓTICO
75TH	126.00	
MEDIANA (50TH)	236.00	79.01
25TH	995.00	59.87

TABLA 6.- Estimación Kaplan-Meier de la función de supervivencia en el jurado mixto

ANALISIS METODO LIMITE-PRODUCTO VARIABLE DE GRUPO ES TIPO
CATEGORIA=MIXTO

VARIABLE = TIEMPO

NUMERO CASO	TIEMPO SEGUNDOS	ESTADO	FUNCION DE SUPERVIVENCIA	ERROR ESTANDAR	CUM I-C	CUM PERDIDOS	EXPUESTOS AL RIESGO	RIESGO ACUMUL.	ERROR ESTANDAR
142	105.00	I-C	0.9375	0.0605	1	0	15	0.0645	0.0645
137	550.00	I-C	0.8750	0.0827	2	0	14	0.1335	0.0945
140	667.00	I-C	0.8125	0.0976	3	0	13	0.2076	0.1201
129	1800.00	I-I			3	0	12		
130	1800.00	I-I			3	0	11		
131	1800.00	I-I			3	0	10		
132	1800.00	I-I			3	0	9		
135	1800.00	I-I			3	0	8		
136	1800.00	I-I			3	0	7		
145	1800.00	I-I			3	0	6		
146	1800.00	I-I			3	0	5		
148	1800.00	I-I			3	0	4		
149	1800.00	I-I			3	0	3		
150	1800.00	I-I			3	0	2		
151	1800.00	I-I			3	0	1		
152	1800.00	I-I			3	0	0		

El valor del tiempo medio depende de que la última observación temporal sea un dato completo o incompleto. En el primer caso el valor calculado es único, mientras que en el segundo este valor difiere en función del valor temporal en el que se produce la última observación. Por este motivo, al dar el valor del tiempo medio se indica el valor temporal de la última observación. En nuestro caso, $t=1800$.

TABLA 7.- Localización y variabilidad del tiempo de no cambio en el jurado mixto

TIEMPO MEDIO DE NO CAMBIO =	1545.13	Limitado a 1800 S.E. =	165.593
-----------------------------	---------	------------------------	---------

Podemos observar que el tiempo medio de no cambio en el jurado mixto es superior al tiempo medio de no cambio empleado por el jurado puro.

En el caso de jurado mixto, la probabilidad de que un sujeto no haya cambiado de opinión en los 550 segundos iniciales es del 87.5% (ver Tabla 6).

La tabla 8 proporciona, de forma resumida, el número de cambios que se han realizado en cada uno de los dos tipos de jurado, así como el número de datos incompletos y la proporción que estos representan. Hay que recordar que en este análisis sólo se tiene en cuenta los sujetos que en la predeliberación daban un veredicto de inocencia.

TABLA 8.- Resumen de los cambios producidos en cada tipo de jurado

TABLA RESUMEN				
	TOTAL	I-C	I-I	PROPORCIÓN INCOMPLETOS
PURO	9	9	0	0.0000
MIXTO	16	3	13	0.8125
TOTAL	25	12	13	

Es curioso observar que, en el caso estudiado, todos los miembros del jurado puro que inicialmente emitieron un veredicto de inocencia han cambiado de veredicto. Este resultado puede entenderse en cuanto que los sujetos se hallaban en posición minoritaria en sus respectivos jurados y tuvieron que cambiar su veredicto para llegar a la unanimidad.

Los valores de las tablas 3 y 6 pueden ser representados gráficamente. En el eje de abscisas se sitúa el tiempo y en el de ordenadas el valor de la probabilidad acumulada. Típicamente este gráfico adopta la forma denominada de *escalera*.

Los esquemas que se presentan a continuación permiten ver la distribución de los datos incompletos y de los datos completos (Figura 2), para los dos grupos. De ellos se desprende que todos los datos incompletos lo son por finalización del estudio, lo cuál ocurre en $t=1800$ segundos (30 minutos) en la condición de tiempo ilimitado.

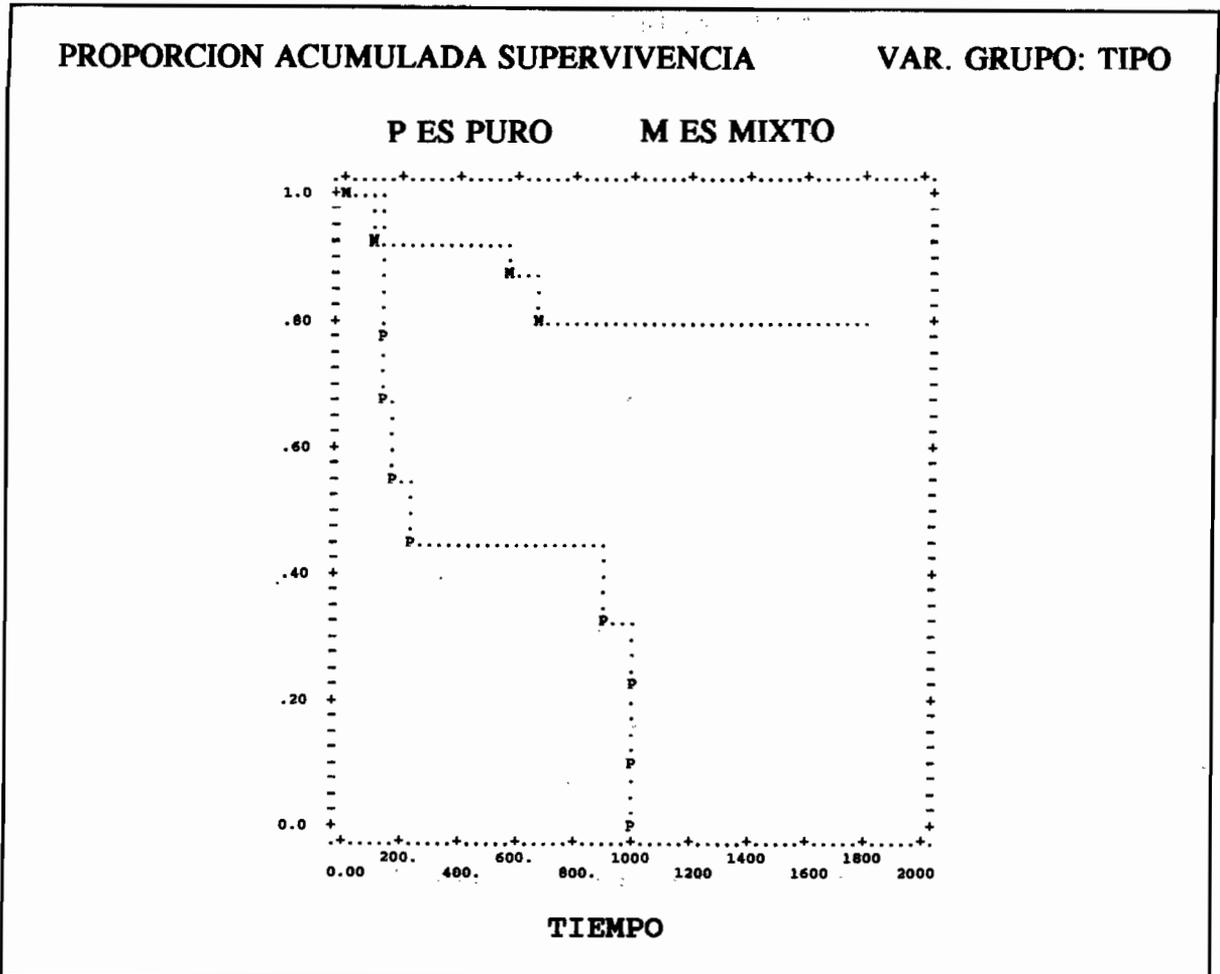


FIGURA 1.- Gráfico de la Función de Supervivencia para cada tipo de jurado

Un segundo objetivo del E.H.A. es la comparación, mediante pruebas de hipótesis, de las funciones de supervivencia entre distintos grupos, tanto experimentales como observacionales. Para ello se dispone de un número considerable de pruebas (Tabla 9). En todas ellas, se evalúan las diferencias entre el número de desenlaces observados, en cada instante en el que se ha producido alguno, con el número de desenlaces esperados. Los distintos tests se diferencian en la forma de ponderar estas diferencias. Así, el test de Mantel-Cox pondera por igual, con peso 1, a todas las diferencias. El test de Breslow da más peso a las observaciones iniciales y disminuye el factor de ponderación a medida que las observaciones se alejan del inicio del estudio y por tanto a medida que disminuye el número de sujetos expuestos al riesgo de cambio. El test de Tarone-Ware utiliza un factor de ponderación intermedio entre los dos anteriores ponderando las diferencias según la raíz cuadrada del tamaño efectivo. El test de Peto-Prentice utiliza el valor de la función de supervivencia en cada instante, como factor de ponderación.

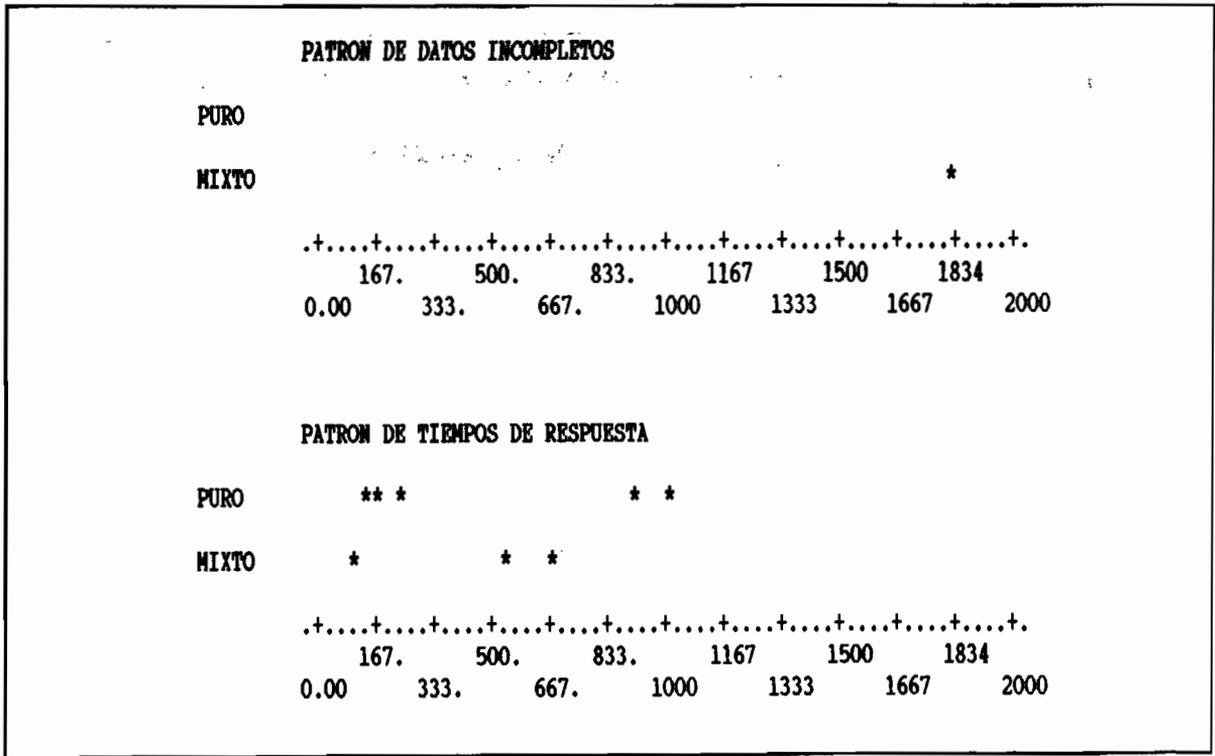


FIGURA 2.- Situación de los datos Incompletos y completos en cada tipo de jurado

TABLA 9.- Pruebas de Hipótesis para la comparación de distribuciones de Supervivencia

PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
	ESTADÍSTICO	G.L	SIGNIF.
SAVAGE GENERALIZADO (MANTEL-COX)	16.683	1	0.0001
TARONE-WARE	14.887	1	0.0001
WILCOXON GENERALIZADO (BRESLOW)	13.177	1	0.0003
WILCOXON GENERALIZADO (PETO-PRENTICE)	13.182	1	0.0003

Las cuatro pruebas de hipótesis presentadas en la tabla 9, evalúan la hipótesis nula según la cual las dos distribuciones de supervivencia, correspondientes a los dos tipos de jurado, son iguales.

Los índices correspondientes a cada una de las cuatro pruebas se distribuyen según una distribución de Ji-cuadrado.

Los grados de libertad de la distribución Ji-cuadrado vienen dados por el número de grupos a comparar menos 1.

En este caso, las cuatro pruebas llegan a la misma conclusión de rechazar la hipótesis nula en beneficio de la hipótesis alternativa según la cual existe una diferencia entre ambas distribuciones, con una probabilidad de error inferior, en el peor de los casos, al 3 por diez mil.

Esta diferencia hallada numéricamente puede observarse gráficamente analizando las dos distribuciones contenidas en la figura 1.

Los resultados indican que los jurados puros presentan una mayor tendencia al cambio de veredicto, pudiéndose producir éste en cualquier momento temporal del período de deliberación. Fundamentalmente estos cambios se producen al principio de la deliberación, durante los primeros 250 segundos, o bien en un segundo intervalo de tiempo comprendido entre los 900 y 1000 segundos. Sin embargo, en los jurados mixtos si el cambio no se produce en el primer tercio del período de deliberación, éste ya no se producirá.

Es importante establecer si el proceso de cambio es independiente del tiempo o no. La distribución exponencial $f(t)=\lambda \exp(-\lambda t)$ se caracteriza por tener una función de riesgo constante y de valor λ , lo cual implica que el proceso de cambio es independiente del tiempo.

La figura 3 presenta la gráfica del logaritmo neperiano de la función de supervivencia sobre el tiempo, la cual permite averiguar si la distribución del proceso de cambio se puede aproximar a una distribución exponencial. En este caso, la gráfica proporcionaría una configuración lineal cuya pendiente sería una estimación del parámetro λ .

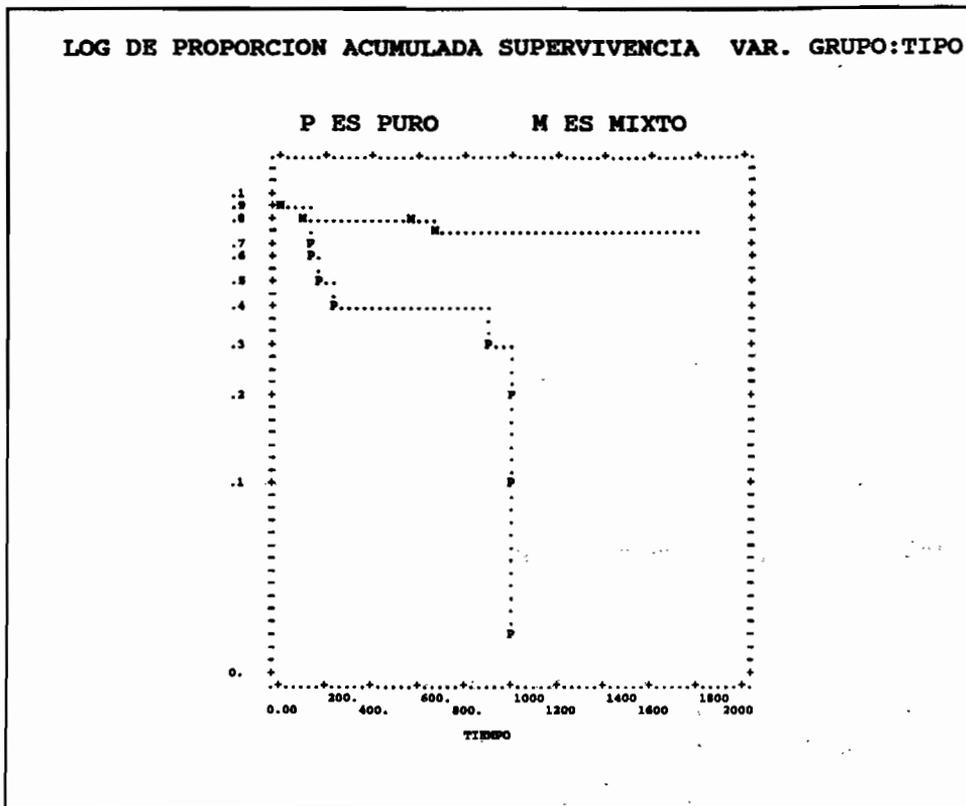


FIGURA 3.- Gráfica del logaritmo neperiano de la función de supervivencia para cada tipo de jurado

Puesto que la función acumulada de riesgo $H(t)$ puede ser expresada como $-\ln[S(t)]$, su gráfica respecto al tiempo permite estudiar si los datos proceden de una distribución exponencial.

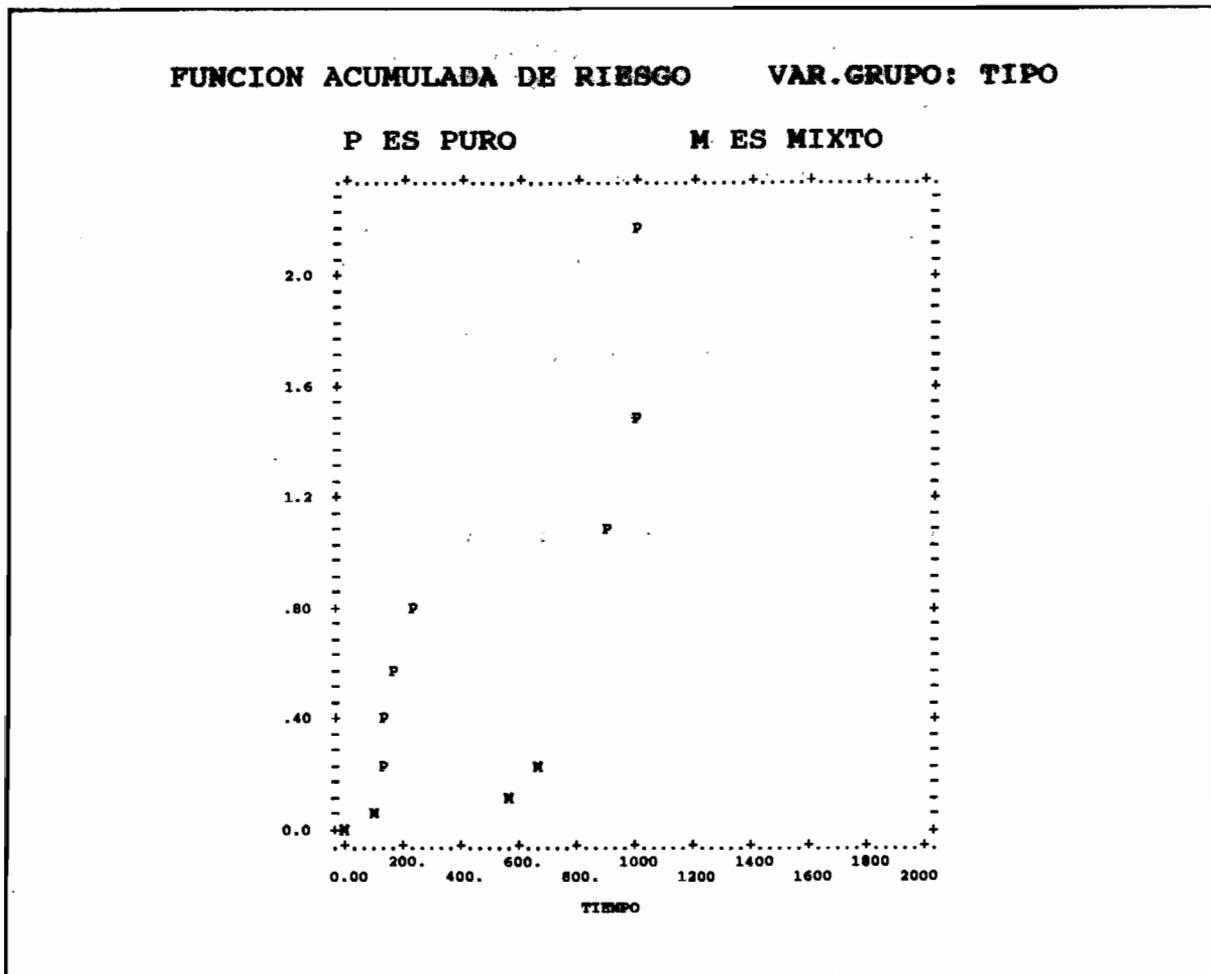


FIGURA 4.- Gráfica de la función acumulada de riesgo para cada tipo de jurado

Un segundo método de estimación de las diferentes funciones propias de la variable tiempo en el E.H.A., viene dado por el denominado método actuarial o tabla de vida. Si bien este método es útil cuando se tienen los datos registrados en intervalos de tiempo, puede ser aplicado asimismo cuando los datos se registran individualmente. La ventaja que presenta respecto al método de Kaplan y Meier, es que permite la estimación de las funciones de riesgo y de densidad en el punto medio del intervalo. En el método actuarial los intervalos de tiempo pueden ser de cualquier amplitud, dependiendo ésta del propio investigador quién decide cuando los intervalos deben ser más o menos amplios en función de que se espere que se produzcan muchos o pocos desenlaces en un intervalo.

La diferencia fundamental entre los dos métodos de estimación es la forma en que éstos utilizan los datos incompletos del estudio. En el método de Kaplan y Meier se supone que éstos están expuestos al riesgo durante todo el intervalo de tiempo que va desde el instante en que se produce un desenlace hasta el instante en que se produce el siguiente desenlace. Por el contrario, en el método actuarial los datos incompletos se supone que están expuestos al riesgo durante la mitad del intervalo. Esto implica que el número de sujetos expuestos al riesgo en un instante difiere entre los dos métodos y esto hará que, en un instante determinado, se puedan obtener, por ambos métodos, estimaciones diferentes.

Las dos tablas siguientes proporcionan los resultados obtenidos por la aplicación del método actuarial. Se han utilizado intervalos de 3 minutos.

TABLA 10.- Estimación actuarial de la función de Supervivencia para el jurado puro

ANÁLISIS MÉTODO ACTUARIAL				VARIABLE DE GRUPO ES TIPO					
				GRUPO = PURO					
				VARIABLE = TIEMPO					
INTERVALO SEGUNDOS IGUAL MENOR QUE	ENTRADOS	PERDIDOS	I-C	EXPUESTOS	PROPORCION I-C	PROPORCION NO CAMBIOS	PROPORCION ACUMULADA DE NO CAMBIO AL	RIESGO (S.E.)	DENSIDAD (S.E.)
							PRINCIPIO DEL INTERVALO (S.E.)		
0.00 - 180.00	9	0	3	9.0	0.3333	0.6667	1.0000 (0.0000)	0.0022 (0.0013)	0.0019 (0.0009)
180.00 - 360.00	6	0	2	6.0	0.3333	0.6667	0.6667 (0.1571)	0.0022 (0.0015)	0.0012 (0.0008)
360.00 - 540.00	4	0	0	4.0	0.0000	1.0000	0.4444 (0.1656)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)
540.00 - 720.00	4	0	0	4.0	0.0000	1.0000	0.4444 (0.1656)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)
720.00 - 900.00	4	0	0	4.0	0.0000	1.0000	0.4444 (0.1656)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)
900.00 - 1080.00	4	0	4	4.0	1.0000	0.0000	0.4444 (0.1656)	0.0111 (0.0000)	0.0025 (0.0009)
							0.0000 (0.0000)		

Las tablas 10 y 11 proporcionan, para cada intervalo, el número de observaciones que entran, el número de datos incompletos y el número de cambios que se producen en él, la

proporción de cambios y de no cambios, así como las funciones de supervivencia, de riesgo y de densidad con sus errores estándar.

TABLA 11.- Estimación actuarial de la función de Supervivencia para el jurado mixto

ANÁLISIS MÉTODO ACTUARIAL				VARIABLE DE GRUPO ES TIPO						
				GRUPO = MIXTO						
				VARIABLE = TIEMPO						
INTERVALO SEGUNDOS IGUAL MENOR QUE	ENTRADOS	PERDIDOS	I-C	EXPUUESTOS	PROPORCIÓN I-C	PROPORCIÓN NO CAMBIOS	PROPORCIÓN	RIESGO	DENSIDAD	
							ACUMULADA DE NO CAMBIO AL PRINCIPIO DEL INTERVALO (S.E.)			(S.E.)
0.00 - 180.00	16	0	1	16.0	0.0625	0.9375	1.0000 (0.0000)	0.0004 (0.0004)	0.0003 (0.0003)	
180.00 - 360.00	15	0	0	15.0	0.0000	1.0000	0.9375 (0.0605)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
360.00 - 540.00	15	0	0	15.0	0.0000	1.0000	0.9375 (0.0605)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
540.00 - 720.00	15	0	2	15.0	0.1333	0.8667	0.9375 (0.0605)	0.0008 (0.0006)	0.0007 (0.0005)	
720.00 - 900.00	13	0	0	13.0	0.0000	1.0000	0.8125 (0.0976)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
900.00 - 1080.00	13	0	0	13.0	0.0000	1.0000	0.8125 (0.0976)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
1080.00 - 1260.00	13	0	0	13.0	0.0000	1.0000	0.8125 (0.0976)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
1260.00 - 1440.00	13	0	0	13.0	0.0000	1.0000	0.8125 (0.0976)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
1440.00 - 1620.00	13	0	0	13.0	0.0000	1.0000	0.8125 (0.0976)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
1620.00 - 1800.00	13	13	0	6.5	0.0000	1.0000	0.8125 (0.0976)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	
							0.8125 (0.0976)			

La definición matemática de riesgo diferirá en función de si el tiempo ha sido medido discretamente o de forma continua. En el primer caso, el riesgo sería la probabilidad condicional de que un sujeto cambie de veredicto en un intervalo determinado de tiempo, dado que no había cambiado al inicio del intervalo. A medida que la longitud del intervalo disminuye, la probabilidad de que se produzca el cambio durante cualquier intervalo dado también disminuye. Cuando el tiempo se mide en forma continua, la definición de riesgo se ve modificada dado que la probabilidad de que el cambio de veredicto se produzca en cualquier instante se aproxima a cero. Por tanto, en este caso, el riesgo será la tasa instantánea de cambio, dado que no se había producido hasta ese momento.

La función de riesgo, tal como señalan Willett y Singer (1991), es un barómetro sensible que detecta cambios en la pendiente de la función de supervivencia. Estos cambios bruscos en la pendiente señalan los períodos en los que aumenta el riesgo de cambio.

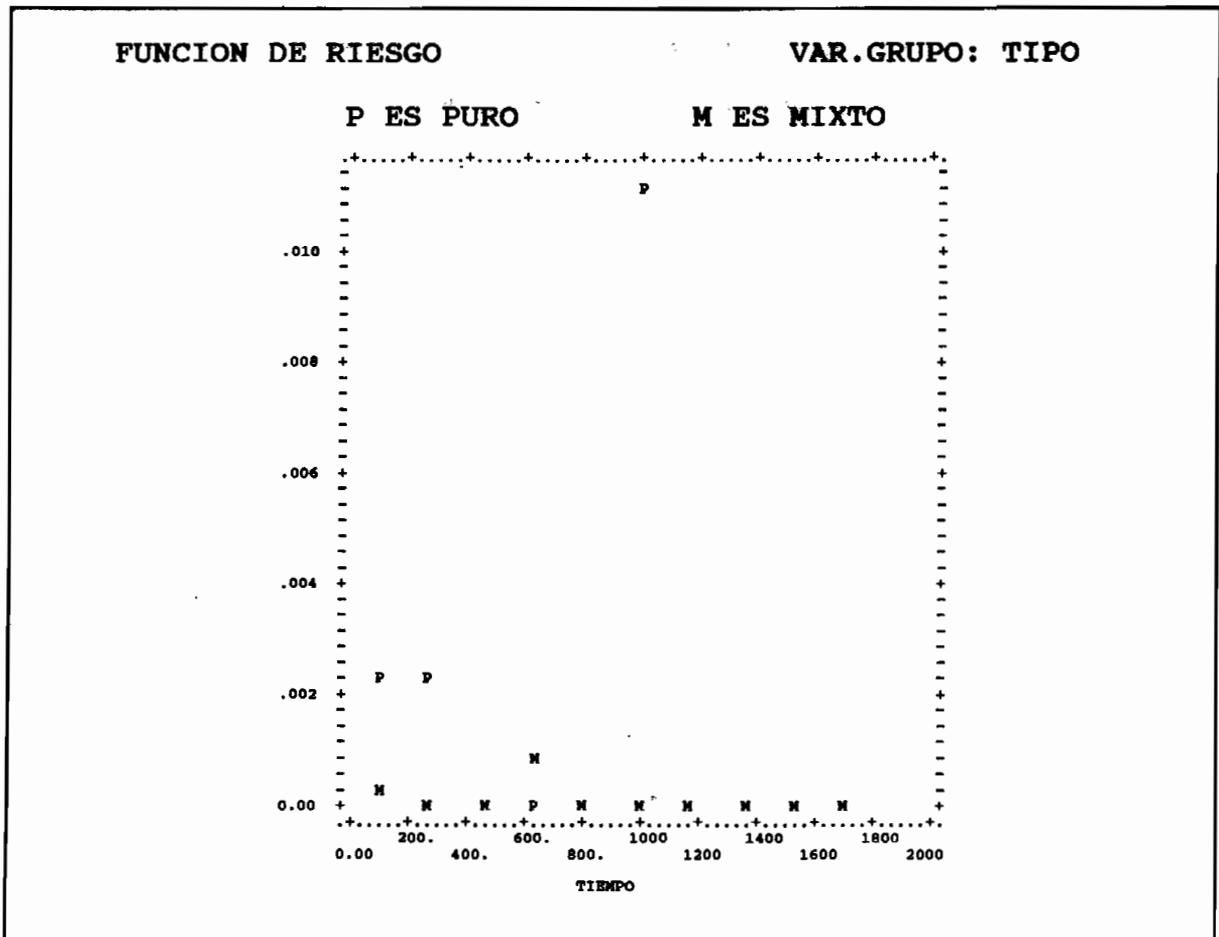


FIGURA 5.- Gráfico de la función de riesgo para cada tipo de jurado

La gráfica de la función de riesgo nos proporciona el perfil de riesgo de cambio de veredicto a través del tiempo, es decir, la magnitud del valor de la función de riesgo en cada momento indica el riesgo de cambio en ese punto temporal. Cuanto mayor sea el valor de la función

de riesgo, mayor será la probabilidad de que se produzca un cambio individual en el veredicto. El gráfico 5 permite identificar los períodos de tiempo que presentan un mayor riesgo de que se produzca el cambio. Los valores de la función de riesgo con los que se ha construido la gráfica de la figura 5, para cada uno de los intervalos de tiempo utilizados, se encuentran en las tablas 10 y 11.

Así, podemos ver que en el jurado puro el riesgo de cambio se produce durante los primeros 360 segundos de deliberación, no habiendo después riesgo de cambio hasta los 1000 segundos en los que se produce la mayor probabilidad condicional, mayor riesgo, de que el cambio se produzca. Para el jurado mixto, el riesgo de cambio es prácticamente nulo en todo el período de deliberación, excepto en el período comprendido entre los 540 y 720 segundos.

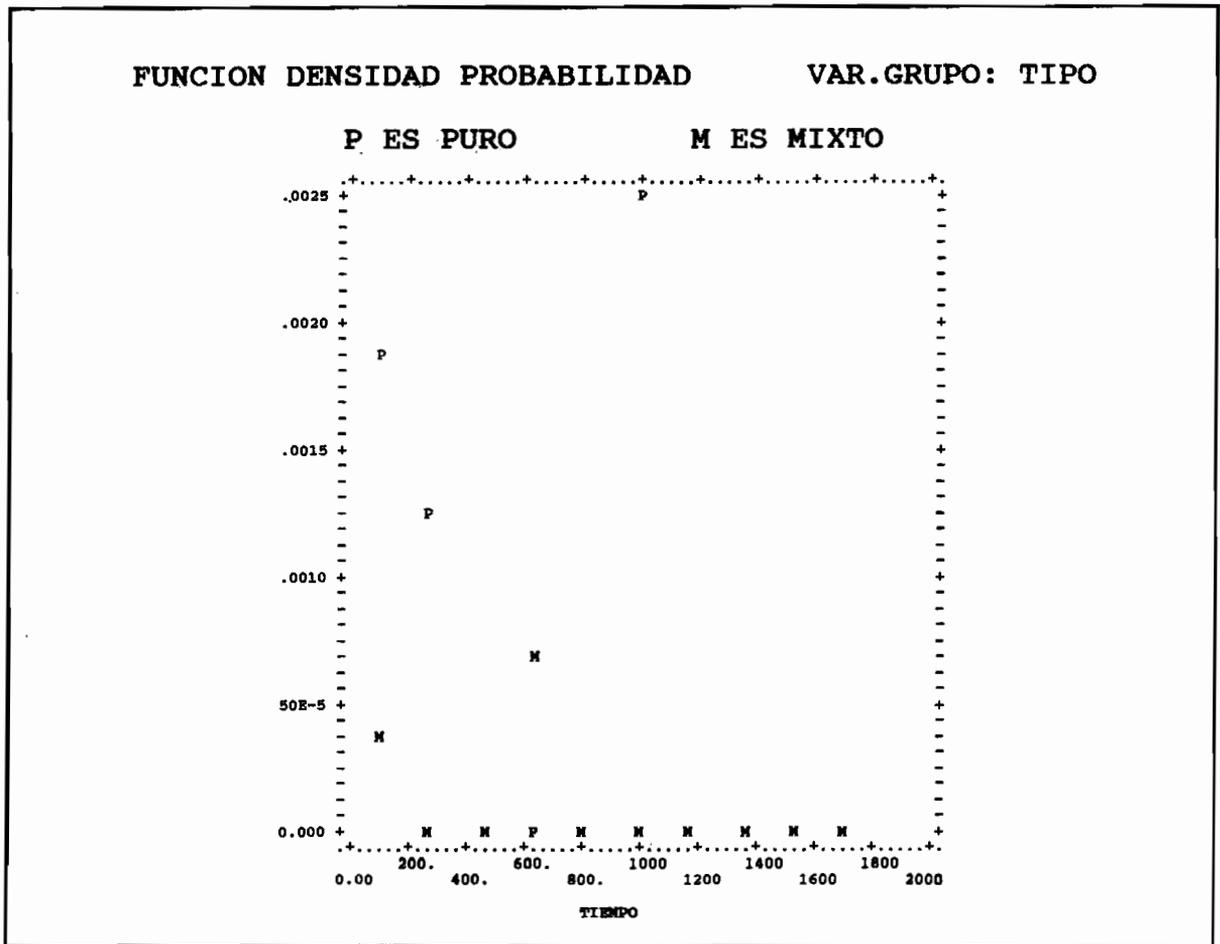


FIGURA 6.- Gráfica de la función de densidad para cada tipo de jurado

En el método actuarial se puede obtener una estimación de la función de densidad, es decir de la probabilidad de que se produzca un cambio de veredicto en un intervalo determinado,

para todo sujeto que forme parte del análisis. La figura 6 presenta los resultados obtenidos a partir de los valores que se encuentran en las tablas 10 y 11.

A partir de la figura 6 se puede observar que, excepto en el intervalo 540-720, la probabilidad de cambio en el jurado puro es superior a la del jurado mixto. En el jurado mixto, la mayor probabilidad de cambio se produce en el intervalo entre 540 y 720 segundos, mientras que en el jurado puro se encuentra entre los 900 y 1080 segundos.

Respecto a la información aportada por las funciones de supervivencia y la de riesgo, Singer y Willett (1991) realizan la siguiente analogía en términos epidemiológicos como conceptos más familiares: la función de riesgo representa la *incidencia* y la función de supervivencia representa la *prevalencia*.

Conclusiones

Respecto al proceso judicial, el interés de la Justicia se centra exclusivamente en conocer cuál es el veredicto final, sin embargo, desde la Psicología este interés reside en descubrir cuales son los procesos que conducen a un determinado veredicto. Es evidente que uno de estos procesos lo constituye los cambios que se producen durante la deliberación. El *Análisis Histórico del Cambio* nos puede ayudar a entender qué es lo que ocurre durante este período. En primera instancia, permite describir de un modo preciso, cuándo y cómo se producen los cambios, permite estimar distintas probabilidades respecto al proceso de cambio, y permite comparar dicho proceso en los distintos niveles de una variable cualitativa. En segunda instancia, permite detectar cuáles son las variables más relevantes que determinan la probabilidad de que se realice un cambio.

En el campo de la Psicología existen numerosos procesos en los que el factor de cambio es importante. La técnica de E.H.A. constituye, por una parte, una metodología adecuada para el estudio de estos cambios y, por otra parte, una metodología de amplio espectro, avanzada respecto a los diseños más clásicos.

La utilización de la metodología del E.H.A. en el estudio del proceso de cambio no debe ser entendida como alternativa, sino como una metodología adecuada para el análisis de procesos en los que interviene la variable tiempo, no como variable explicativa sino como variable resultado. Así por ejemplo, en el trabajo original (Palmer, 1986) se estudió el veredicto final del jurado en función de los factores experimentales *tipo de jurado* y *tiempo de deliberación* mediante modelos log-lineales y diseños factoriales. Sin embargo, en ninguno de ellos era posible considerar la variable resultado *tiempo* a pesar de que el análisis de ésta permite extraer nueva cantidad de información, tal como muestran los resultados hallados.

El objetivo de este trabajo ha sido presentar, por primera vez en el estudio de los jurados, el análisis del proceso de cambio de veredicto por medio de la utilización del *Análisis Histórico del Cambio (Event History Analysis)*.

Respecto al trabajo original (Palmer, 1986, 1989), es necesario recordar que en este trabajo de investigación únicamente se ha utilizado, a nivel ilustrativo, uno de los nueve casos incluidos en la experiencia (caso 5) y, además, únicamente se han analizado los sujetos cuyo veredicto inicial era de inocencia. Por tanto, el sentido del cambio considerado es de inocencia a culpabilidad. Esto hace que los resultados obtenidos sirvan a efectos de ilustración, pero no puedan ser generalizados.

El análisis del tipo de jurado en la condición de tiempo de deliberación ilimitado realizado mediante el método de estimación de Kaplan-Meier, nos ha permitido comprender mejor el proceso de cambio de veredicto. Los resultados muestran que el tipo de jurado influye en el tiempo utilizado para realizar un cambio de veredicto. En este caso, los jurados puros presentan

mayor tendencia al cambio de veredicto hacia la culpabilidad y este cambio puede darse en cualquier instante del período de deliberación. En los jurados mixtos si el cambio no se produce al inicio de la deliberación ya no se dará.

Referencias

- Barlow, R.E. y Proschan, F. (1975). *Statistical theory of reliability and life testing*. New York: Holt Rinehart, Winsten.
- Blossfeld, H.P., Hamerle, A. y Mayer, K.U. (1989). *Event history analysis*. Hillsdale, NJ: LEA Pub.
- Cox, D.R. (1972). Regression models and life-tables. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 34, 187-202.
- Cox, D.R. (1975). Partial likelihood. *Biometrika*, 62, 269-276.
- Cox, D.R. y Oakes, D. (1981). *Analysis of survival data*. London: Chapman and Hall.
- Elandt-Johnson, R.C. y Johnson, N.L. (1980). *Survival models and data analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Gardner, W. y Griffin, W.A. (1989). Methods for the analysis of parallel streams of continuously recorded social behaviors. *Psychological Bulletin*, 105, 3, 446-455.
- Gottman, J. y Roy, A. (1989). *Sequential analysis: A guide for behavioral research*. New York: Cambridge University Press.
- Greenhouse, J.B., Stangl, D. y Bromberg, J. (1989). An introduction to survival analysis: statistical methods for analysis of clinical trial data. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 57, 4, 536-544.
- Hachen, D.S. (1988). The competing risks model. *Sociological Methods and Research*, 77, 1, 21-54.
- Hill, C., Com-Nougué, C., Kramar, A., Moreau, T., O'Quigley, J., Senoussi, R. y Chastang, C. (1990). *Analyse statistique des données de survie*. Paris: Flammarion.
- Hutchinson, D. (1988). Event history and survival analysis in the social sciences. I. Background and introduction. *Quality and Quantity*, 22, 203-219.
- Hutchinson, D. (1988). Event history and survival analysis in the social sciences. II. Advanced applications and recent developments. *Quality and Quantity*, 22, 255-278.
- Kalbfleisch, J.D. y Prentice, R.L. (1980). *The statistical analysis of failure time data*. New York: John Wiley and Sons.
- Kerr, N.L. (1981). Social transition schemes: Charting the group's road to agreement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 41, 4, 684-702.
- Lawless, J.F. (1982). *Statistical models and methods for lifetime data*. New York: John Wiley and Sons.
- Lee, E.T. (1980). *Statistical methods for Survival Data Analysis*. Belmont, CA: Lifetime Learning Publications.
- Miller, R.G. (1981). *Survival analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Nelson, W. (1982). *Applied life data analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Palmer, A. (1985). *Introducción al análisis de la supervivencia*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Palmer, A. (1986). *Modelos matemáticos del proceso de decisión en jurados e influencias de su composición sobre el veredicto*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Palmer, A. (1989). Análisis del cambio de veredicto individual y modelización del proceso de deliberación en jurados. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 42,3, 377-384.
- Palmer, A. y Losilla, J.M. (1991). El modelo de azar proporcional: la regresión de Cox. *Curriculum*, extra 1/2, 57-61.
- Singer, J.D. y Willett, J.B. (1991). Modeling the days of our lives: Using survival analysis when designing and analyzing longitudinal studies of duration and the timing of events. *Psychological Bulletin*, 110, 2, 268-290.
- Teachman, J.D. (1982). Methodological issues in the analysis of family formation and dissolution. *Journal of Marriage and the Family*, November, 1037-1053.
- Tuma, N.B. y Hannan, M.T. (1984). *Social dynamics. Models and methods*. New York: Academic Press.
- Willett, J.B. y Singer, J.D. (1989). Two types of question about time: Methodological issues in the analysis of teacher career path data. *International Journal of Educational Research*, 13, 421-437.
- Willett, J.B. y Singer, J.D. (1991). How long did it take? Using survival analysis in educational and psychological research. En L.M. Collins y J.L.Horn (eds.), *Best methods for the analysis of change* (pp. 310-327). Washington, DC: American Psychological Association.