

# LA ESTADÍSTICA: ALGUNOS EJEMPLOS DE APLICACIONES EN LAS FUERZAS ARMADAS

Javier ROMANÍ FERNÁNDEZ  
Profesor titular de Economía Aplicada  
(Universidad de Barcelona)



N prácticamente todas las carreras universitarias con una mínima vocación científica se incluye alguna asignatura estadística. Así, en Medicina y Biología se cursa Bioestadística; en Economía, Estadística Económica; en Empresariales, Estadística Empresarial; incluso los planes de estudios de carreras como Turismo o Relaciones Laborales suelen incluir alguna asignatura de carácter estadístico. En la mayor parte de los casos, los alumnos se preguntan (y nos preguntan a los profesores): «¿Para qué sirve esto?» «¿Por qué tengo que estudiarlo cuando lo más probable es que en mi vida profesional no lo necesite para nada?». Mis respuestas habituales son: «La Estadística es una herramienta. Tiene aplicación en muchos más campos de los que te crees»; y «Antes de decir que no te va a servir para nada en el futuro, espera a trabajar, y a ver si dentro de algunos años me sigues preguntando lo mismo». Y es que, en efecto, la variedad de aplicaciones de la Estadística sorprende a quienes no la conocen, y algunas aplicaciones novedosas de esta ciencia pueden llegar a sorprendernos incluso a los que trabajamos habitualmente con ella.

También dentro del campo militar la Estadística tiene abundantes aplicaciones. En este trabajo vamos a comentar brevemente algunas de ellas, con la esperanza de despertar en alguno de nuestros lectores el interés por profundizar en este campo.

## Antecedentes remotos

La relación entre Estadística y Milicia viene de muy lejos. Desde la más remota antigüedad todos los reinos e imperios con una organización política

más o menos desarrollada han elaborado censos, que son una de las principales fuentes de información estadística. Los censos tenían tradicionalmente dos motivos: uno tributario (conocer el número de contribuyentes y su riqueza) y el otro militar (saber el número de hombres aptos para las armas).

Ya en tiempos más modernos los estadísticos han utilizado la información proveniente de registros militares para desarrollar su ciencia, dada la exhaustividad de dichos registros: así, por ejemplo, la Biometría (la rama que utiliza la Estadística para medir diferentes características del cuerpo humano) tuvo como principal fuente de información los registros acerca del peso, altura y edad de los soldados. Por poner otro ejemplo, la distribución de Poisson (una distribución estadística aleatoria en la que la probabilidad de que se produzca un número determinado de sucesos —como piezas defectuosas o averías— durante un periodo de tiempo determinado es constante), que aparecerá más de una vez en este trabajo, se analizó estudiando los datos de muertes producidas por coces de caballerías entre los soldados del Ejército prusiano durante la primera mitad del siglo XIX.

### **El cargo de repuestos de los buques**

Probablemente muchos de los lectores, en su destino en un buque, se han visto obligados a sustituir alguna pieza por avería. Y al solicitar al oficial de repuestos una pieza nueva le han preguntado cuántas de ese tipo se llevan habitualmente en el pañol de repuestos. Y se han preguntado a sí mismos (por ejemplo): ¿por qué cuatro piezas de recambio?, ¿por qué no tres, o cinco, o nueve? El número de piezas de recambio que se llevan es, necesariamente, un compromiso entre diversos factores, entre los que destacan (por orden de importancia):

- La necesidad de mantener la operatividad del buque.
- El coste (recordemos que muchas piezas tienen un coste muy elevado, y cada una de ellas que se mantiene en *stock* supone una gran cantidad de dinero inmovilizado).
- La capacidad de almacenamiento de los pañoles de a bordo, siempre limitada.

La Estadística, en este caso, puede venir en nuestra ayuda: a partir de diversas pruebas se conoce el comportamiento de cada pieza y, por tanto, su probabilidad de avería. Conocida dicha probabilidad pueden calcularse las probabilidades de que en un periodo determinado de tiempo el número de averías sea igual o inferior a 1, 2, 3... Y también podemos realizar el proceso inverso: si fijamos un nivel de fiabilidad determinado (por ejemplo, el 95 por 100), podemos calcular a qué número de averías máximo equivale una proba-

bilidad del 95 por 100. Y entonces, basta con llevar a bordo tantas piezas de recambio como número de averías hayamos calculado.

Entonces, podemos preguntarnos lo siguiente: en el caso de determinadas piezas, cuyo fallo puede provocar la inutilización del buque (o grave pérdida de operatividad), ¿por qué no llevar a bordo un número de piezas que asegure una fiabilidad del 100 por 100? Lamento tener que informar de que, en este caso, la Estadística trae malas noticias: simplemente, eso no es posible. Por muy alto que sea el número de piezas de recambio que llevemos a bordo siempre existirá una probabilidad (infinitesimal, pero superior a cero) de que el número de averías supere al de piezas de recambio.

Veámoslo con un ejemplo: supongamos que diversos ensayos han demostrado que la media de averías que sufre una pieza concreta durante un determinado periodo de tiempo sigue una distribución de Poisson con  $\lambda = 3$  (en esta distribución, la media y la varianza tienen siempre el mismo valor, que se denomina  $\lambda$  (1)). Ese valor de  $\lambda$  indica que, en promedio, el número de averías de esa pieza durante un periodo de tiempo determinado es de tres. A partir de esta información nos preguntamos: ¿qué número de piezas de recambio sería el óptimo para llevar a bordo?

El gráfico 1 presenta la distribución de la probabilidad puntual de un número concreto de averías (lo que se conoce como «función de densidad de

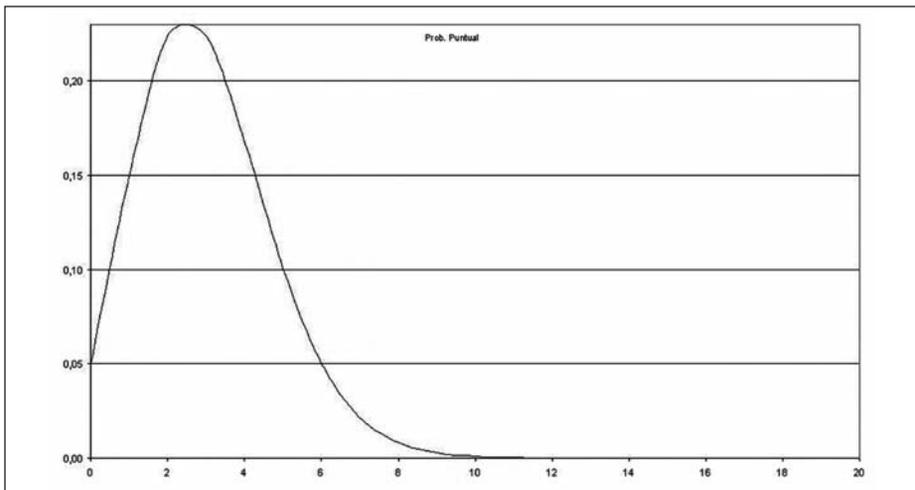


Gráfico 1: Función de densidad.

(1) Para valores de  $\lambda$  iguales o superiores a 30, esta distribución toma una forma muy similar a la distribución normal (la conocida Campana de Gauss).

probabilidad»). Como vemos, ésta alcanza un máximo para la media (que sería el valor más probable) y luego decae.

Por su parte, el gráfico 2 representa las probabilidades acumuladas («función de distribución»), es decir, la probabilidad de que el número de averías sea igual o menor que el valor considerado. Ésta es la que nos interesa ahora.

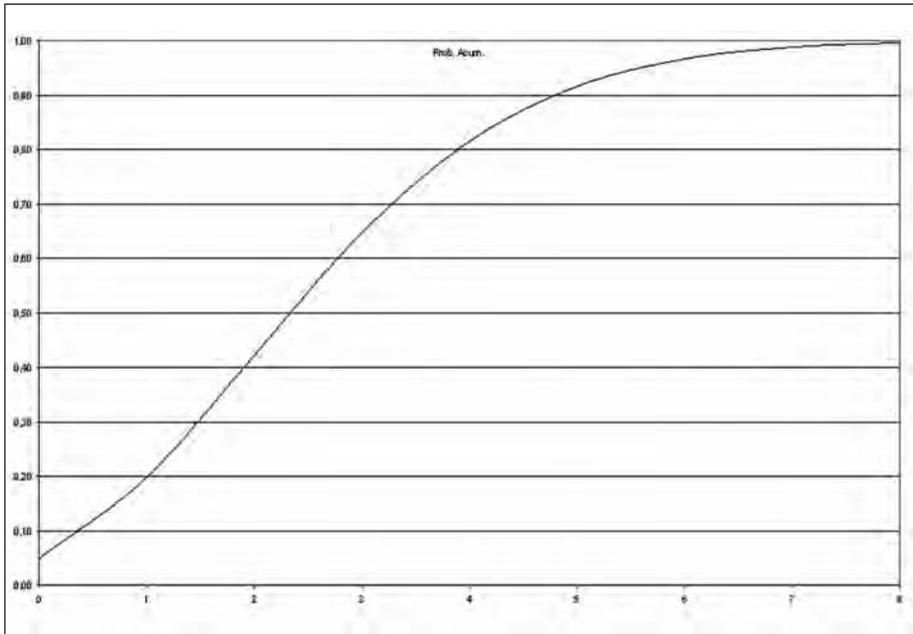


Gráfico 2: Función de distribución.

Como vemos en el gráfico 2, a medida que aumenta el número la probabilidad va aumentando también: es evidente que la probabilidad de que haya al menos tres averías ha de ser inferior a la de que haya al menos cuatro, dado que esta última contiene a la anterior (es decir, la probabilidad de que haya al menos cuatro averías es igual a la de que haya al menos tres más la probabilidad de que haya exactamente cuatro). Y por tanto, la fiabilidad al llevar cuatro piezas de recambio será superior a la de llevar sólo tres. Sin embargo, este aumento no es lineal, sino que es muy rápido al principio para irse amortiguando posteriormente: así, pasar de llevar tres piezas de recambio a cuatro provoca que la fiabilidad aumente del 64 por 100 al 81 por 100, pero pasar de seis a siete sólo provoca un aumento de fiabilidad del 97 por 100 al 98 por 100.

Así, vemos que llevar seis piezas de recambio a bordo nos garantiza una fiabilidad ligeramente superior al 96 por 100, pero para llegar al 99 por 100, tendríamos que llevar ocho piezas (y para llegar al 99,9 por 100, 12 piezas). Por mucho que aumentemos el número de piezas de recambio, jamás llegaremos al 100 por 100. Y como hemos dicho, estas piezas son probablemente caras, y el espacio a bordo, sin duda limitado. Como vemos, la Estadística puede ayudarnos a decidir, combinando los distintos criterios, el número óptimo de piezas de recambio de cada clase que formarán parte del cargo del buque.

### **El control de calidad**

El control de calidad es otra de las claves de la logística: en efecto, de nada nos sirven los cálculos tan laboriosamente realizados en el apartado anterior si luego resulta que parte de las piezas embarcadas resultan defectuosas. Las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos descubrieron este hecho durante la Segunda Guerra Mundial, dado que recibían equipos y piezas de recambio procedentes de gran cantidad de suministradores, muchos de los cuales se habían reconvertido recientemente a la producción militar, y la calidad era muy variable.

Sin embargo, examinar cada pieza recibida es, en el mejor de los casos, antieconómico, y en el peor, simplemente imposible (si para comprobar la calidad de la pieza es necesario realizar un ensayo destructivo). Por ello, es necesario encontrar un compromiso que permita la máxima efectividad del control de calidad con un coste mínimo. Este campo fue ampliamente examinado por técnicos militares estadounidenses, llegando a establecer finalmente unos planes de control de calidad de gran perfección, hasta el punto de que sirvieron de punto de partida a diversas empresas japonesas (Honda o Toyota fueron las pioneras) cuando a finales de los años 50 decidieron abandonar la producción masiva de bienes baratos de calidad mediocre y centrarse en segmentos superiores de calidad.

Por su parte, los japoneses mejoraron los planes de control de calidad americanos hasta tal punto que hoy muchas empresas japonesas pueden decir orgullosamente que su objetivo es llegar a conseguir una producción con «cero defectos» (lo cual, por otro lado, es estadísticamente imposible, tal como se deduce del apartado anterior, pero constituye sin duda un objetivo loable).

### **Los bombardeos de Londres**

Un ejemplo de utilización de la Estadística en una situación mucho más dramática es el empleo de ésta por la Royal Air Force durante la Batalla de

Inglaterra para averiguar las intenciones alemanas. Cuando comenzaron los bombardeos sobre Londres, las autoridades se dieron cuenta enseguida de que algunas zonas de la ciudad recibían una gran cantidad de impactos mientras que otras apenas eran alcanzadas: ¿significaba esto que la Luftwaffe se estaba centrando en unos objetivos determinados? ¿Había que reorientar la defensa antiaérea en consecuencia?

La respuesta a esta pregunta vino mediante la utilización de contrastes estadísticos: se dividió el mapa de Londres en cuadrículas de 0,5 millas de lado y se contó el número de impactos en cada cuadrícula. Luego se comparó la distribución obtenida con una que fuera producto del azar: la más adecuada en este caso era la ya comentada distribución de Poisson.

El resultado fue que ambas distribuciones eran muy similares (el ajuste entre ellas era casi perfecto). ¿Qué significaba esto?; pues que si el patrón de impactos de bomba era muy similar al generado por una distribución aleatoria (es decir, una distribución producto del azar), los alemanes no estaban siguiendo un patrón sistemático de bombardeo. En resumen, estaban «dejando caer» las bombas al azar sobre Londres, intentando aterrorizar a la población civil. Éste fue el supuesto que adoptaron las autoridades británicas y que los acontecimientos conformarían como correcto.

## La formación de convoyes

Si la Estadística puso su granito de arena para que los aliados ganaran la Batalla de Inglaterra, también fue utilizada con éxito en la Batalla del Atlántico, en este caso, ayudando a decidir la estrategia óptima de formación de convoyes.

Al comienzo de la guerra, y tras los primeros éxitos de los submarinos alemanes, el Almirantazgo británico decidió no cometer los errores de la contienda anterior y proceder rápidamente a la formación de convoyes, pero, ¿cómo debían ser estos convoyes? Mientras que algunos abogaban por los convoyes grandes (con un gran número de buques mercantes), argumentando que así habría menos convoyes a la vez en el mar (lo que significaba mayor dificultad para encontrarlos por parte de los submarinos), y la posibilidad de dotar a cada convoy de una fuerte escolta, otros eran partidarios de convoyes más pequeños, argumentando que si un grupo de submarinos lograba burlar la escolta y penetrar en el convoy, podría causar una auténtica masacre de barcos mercantes. Este argumento no era despreciable, dada la táctica de «manadas de lobos» utilizada por la Kriegsmarine (cuando un submarino localizaba un convoy no lo atacaba inmediatamente, sino que lo seguía, retransmitiendo su posición, hasta que el Alto Mando conseguía reunir en las cercanías suficientes submarinos para realizar un ataque coordinado).

Al principio, y dada la escasez británica de medios y la necesidad de

mantener las líneas de aprovisionamiento marítimas, los británicos actuaron como buenamente pudieron, es decir, en función de la urgencia, de la disponibilidad de escoltas, de las circunstancias... Se organizaron indistintamente convoyes grandes y pequeños. Sin embargo, cuando ya se llevaba algún tiempo en esta situación, y por tanto se disponía de datos, el Departamento de Investigación Operativa de la Royal Navy analizó la información relativa a los ataques de los submarinos a los convoyes, llegando a las siguientes conclusiones:

- Efectivamente, cuando un convoy era atacado, el número de bajas era más grande cuanto mayor fuera el convoy.
- Sin embargo, la relación de proporcionalidad (es decir, la correlación) entre el tamaño del convoy y el número de barcos hundidos era inferior a la unidad, es decir, que si un ataque submarino exitoso lograba hundir dos barcos de un convoy de diez, no conseguiría hundir cuatro en un convoy de veinte, sino probablemente sólo tres.

Este descubrimiento contribuyó a la elección de la estrategia de grandes convoyes, con la que Gran Bretaña logró mantener sus líneas de suministros durante toda la guerra y finalmente derrotar a Alemania.

### **El «problema de los tanques alemanes»**

Otro ejemplo de utilización de la Estadística por parte de los británicos fue la estimación de la producción alemana de tanques. En los primeros años de la Segunda Guerra Mundial la inteligencia británica descubrió un detalle que al principio parecía una simple curiosidad: las cajas de cambio de todos los tanques alemanes eran prácticamente idénticas, y sus números de serie eran correlativos. Este dato se envió al Servicio de Estadística por si se le podía encontrar alguna utilidad, y la respuesta fue positiva: la serie de «números de serie de las cajas de cambio» seguía una distribución estadística conocida (una Distribución Uniforme Discreta) y, por tanto, a partir de conocer los números de serie de las cajas de cambio de los tanques alemanes destruidos o capturados era posible realizar una buena estimación del valor máximo de la serie, es decir... ¡del total de tanques producidos por Alemania! A partir de la diferencia entre el valor máximo estimado de un mes y del siguiente se podía obtener una buena estimación de la producción mensual de tanques por parte de Alemania.

Al principio, los altos mandos británicos no se tomaron muy en serio los resultados proporcionados por los estadísticos, puesto que eran muy diferentes de los obtenidos por fuentes de inteligencia más convencionales (como, por ejemplo, los reconocimientos aéreos), pero poco a poco se fue haciendo evidente que estos últimos estaban sujetos a errores importantes (contar como

tanques nuevos los que en realidad eran vehículos reparados, confundir a los tanques con otro tipo de vehículos, medidas de enmascaramiento por parte de los alemanes...) y se fue confiando en las estimaciones estadísticas. Al final de la guerra se demostró que éstas eran de una exactitud sorprendente: por ejemplo, por medio de la estimación estadística se calculó la producción alemana de tanques en agosto de 1942 en 327 vehículos. En cambio, los reconocimientos aéreos indicaban una cifra casi cinco veces mayor (1.550 tanques). Acabada la guerra, los británicos comprobaron que la producción real de dicho mes había sido de 342 tanques.

Se cree que los soviéticos utilizaron una técnica similar ante el mismo problema (agravado, dada la escasez soviética de aviones de largo alcance capaces de realizar vuelos de reconocimiento sobre Alemania) pero, dado el secretismo que todavía envuelve a muchos de los aspectos de la participación soviética en la Segunda Guerra Mundial, no se ha podido confirmar esta teoría.

Este método se utilizó posteriormente (también con gran exactitud) para estimar la producción mensual del misil V2. Acabada la Guerra Mundial ha servido, por ejemplo, para estimar la producción de tanques *Merkava* por parte de Israel (el Gobierno israelí se negaba a proporcionar este dato a nadie, ni siquiera a los Estados Unidos, pero la CIA, a partir de la observación de los números de serie, consiguió una estimación bastante exacta), o incluso como método de «inteligencia industrial» (un inversor londinense logró estimar de esta manera la producción del teléfono iPhone, dato que la empresa Apple guardaba en el máximo secreto).

## Conclusión

Como puede verse, la Estadística tiene aplicaciones militares en los campos más diversos. Si bien las más habituales se encuentran dentro del ámbito de la Logística, se han presentado varios ejemplos en los que una aplicación imaginativa de la Estadística ayudó a Gran Bretaña en la toma de decisiones importantes de carácter estratégico.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARTHUR, Ch.: *Why iPhones are just like German tanks*. The Guardian online, 8 oct. 2008.  
CANAVOS, G.: *Probabilidad y estadística: aplicaciones y métodos*. McGraw-Hill, 2003.  
DAVIES, G.: *How a statistical formula won the war*. The Guardian, 20 julio 2006.  
GONICK, L.: *La estadística en cómic*. Zendera, 2002.  
PEÑA, D.: *Estadística: modelos y métodos*. Ed. Alianza, Madrid, 1987.