

**APLICACIONES DE LOS TESTS
ESTADISTICOS SECUENCIALES
A LA FABRICACION
Y COMERCIALIZACION
DE PRODUCTOS: PASADO,
PRESENTE Y FUTURO**

Por Javier Calatrava Requena

El origen concreto de la idea de muestreo secuencial hay que buscarlo en los trabajos que Wald llevó a cabo en 1943 y que fueron publicados por la revista *Annals of Mathematical Statistics* dos años más tarde (74). Algunos meses después de dicha publicación, la Royal Statistical Society discutía en Londres un trabajo presentado por G. A. Barnard bajo el título «Sequential Test in Industrial Statistics», que fue publicado por dicha sociedad en 1946 (12). El trabajo de Barnard que había sido comenzado en junio de 1943, independientemente del de Wald, era en esencia una explicación de sus opiniones y experiencias sobre el empleo de muestreos secuenciales en la industria, concretamente, aplicados a la construcción de diagramas secuenciales de inspección de calidad de productos.

Barnard fue, pues, el primero que usó la idea de Método Secuencial específicamente asociada a aplicaciones de tipo industrial. Los estudios de empleo de métodos secuenciales en biología y medicina (la otra gran arma de aplicación de dichos métodos) no se iniciarían hasta diez años más tarde.

Como siempre ocurre en el proceso de avance de los métodos científicos, cuando una nueva teoría o idea aparece, suele hacerlo (salvo en casos extraordinarios de «generación científica espontánea») motivada por unas causas antecedentes que empujan y facilitan dicha aparición; el caso del análisis estadístico secuen-

cial no es una excepción y en nuestra opinión fueron varias las causas que motivaron los primeros trabajos, ya citados.

Fundamentalmente, podemos considerar:

1. El desarrollo al que había llegado la teoría clásica de muestreo que había ya dado lugar a métodos (anteriores a 1945) relacionados de alguna forma con la idea de secuencia en el muestreo. Así Dogde y Romig en 1929 (33) se plantean el problema de introducir ciertas variaciones en el muestreo de aceptación. Pocos años más tarde, en 1934, Neyman (58) desarrolla la teoría de muestreo estratificado. Dogde y Romig trabajaron asimismo en 1941 en dar cuerpo a una teoría sobre muestreo doble (33) y, el mismo Wald escribió en 1944 (75) un artículo sobre las propiedades estadísticas de sumas acumuladas de variables aleatorias, en el que se desarrollan ya técnicas necesarias al Análisis Secuencial y en el que está implícita la idea de lo que será el test Estadístico Secuencial de Wald o Test Secuencial de la Razón de Probabilidades (S. P. R. T. Sequential Probability Ratio Test).

2. Métodos de análisis secuencial (o pseudosecuencial), se venían ya usando en la práctica por algunos industriales progresistas, mucho antes de 1943, aunque no existiese base teórica alguna. Así, según Barnard (12): «...ingenieros e inspectores, aun desconociendo, en muchos casos, la teoría de hipótesis estadísticas, han venido inspeccionando y juzgando lotes de productos, tomando primero una pequeña muestra, y a continuación otra, si la primera no fue decisiva...»

3. Durante la segunda guerra mundial la industria bélica, ya muy perfeccionada, exigía nuevos métodos de muestreo para el control de productos, más rápidos, efectivos y económicos que los existentes hasta entonces, y alentaba, por ello, investigaciones en este sentido (nótese que los dos trabajos que fueron el origen de los métodos secuenciales fueron realizados en plena guerra).

¿Cuál es en definitiva el interés que presenta el uso de técnicas secuenciales? Consideremos dos razones fundamentales que pueden presentarse para aconsejar su empleo en determinados casos:

1. En muchas ocasiones las muestras de tamaño fijo, necesarias para llevar a cabo el muestreo clásico, no pueden obtenerse fácilmente por alguna razón que, generalmente, suele ser algún obstáculo o dificultad que impide el acceso a (o la disposición de) unidades experimentales. Supongamos, por ejemplo, que queramos obtener una muestra de individuos afectados por una deter-

minada enfermedad a fin de estudiar si existe o no relación con otra variable (tabaco, alcohol, etc.) Evidentemente nunca se podrá «a priori» fijar un tamaño de muestra, pues habrá que ir estudiando los enfermos que reúnan las condiciones requeridas conforme vayan apareciendo, y que acepten someterse a las observaciones necesarias.

Las razones que pueden impedir el acceso a unidades experimentales suelen ser o físicas, o éticas.

2. Suponiendo que no exista ningún tipo de causa de las anteriormente citadas, y que los procedimientos de muestreo clásico puedan llevarse a cabo, ocurre a veces (sobre todo en casos de productos que se destruyen en el muestreo) que la obtención de una muestra fija puede implicar más tiempo, más costo o, incluso, menos precisión, que el muestreo secuencial.

Las razones expuestas en el apartado (1) se corresponden claramente con el interés de usar análisis secuencial en medicina y biología (y, en general, en todos aquellos fenómenos que no puedan provocarse fácilmente) mientras que las expuestas en (2) están relacionadas con el interés de su aplicación en procesos industriales.

Actualmente, el análisis secuencial se emplea con frecuencia en la industria no sólo en los procesos de control de producción y de aceptación de lotes, sino asimismo en decisiones relacionadas con la comercialización de productos (normalización, lanzamiento de nuevos productos, etc.).

Podemos considerar dos grandes grupos de aplicación de métodos secuenciales a la Industria:

A) Aplicaciones directas de los tests secuenciales propiamente dichos: Test de Wald, Test de Rao, o sus variantes.

B) Aplicaciones de otros métodos específicos de naturaleza secuencial, pudiendo ser usados los tests secuenciales de una forma indirecta, y muchas veces transformada (barreras no laterales, limitaciones «a priori» de la longitud de la secuencia, test de más de dos hipótesis, etc.)

A) APLICACIONES DIRECTAS DE LOS TEST SECUENCIALES

Consideraremos las siguientes:

1. Inspección de lotes.

Bajo este común denominador se suelen incluir el control de aceptación, la inspección de fiabilidad de producción, algunos

aspectos del control de calidad, etc. Es interesante señalar el uso bastante frecuente del método conocido como de Inspección Rectificada, en el que la proporción «a priori» de elementos defectuosos puede ser corregida durante el desarrollo de la secuencia. Esta variación del test secuencial fue introducida teóricamente por Anscombe en 1946 y prácticamente en la industria más recientemente, y su método de empleo, uso de tablas, etc. por el mismo autor en 1949 (3).

En el campo de la inspección de lotes, los tests secuenciales son usados como sustitutivos de los esquemas del muestreo clásico, y son muy numerosas las publicaciones en este sentido. Citemos entre otros autores Barnard, Wald, Anscombe, etc., como los mayores contribuidores al desarrollo de métodos en este campo de aplicación. (Algunos de sus trabajos, ya citados, pueden verse en las reseñas bibliográficas 1, 3, 5, 23.)

2. *Análisis de efectos comparativos derivados del uso alternativo de productos*, a diferentes dosis, intensidades, concentraciones, etc.

Esta es la aplicación de los Tests Secuenciales de mayor utilidad en medicina y por extensión en industria química y farmacéutica (como ejemplos ver RF 36 y 59).

3. *Control de Producción.*

El análisis secuencial ha sido asimismo empleado para controlar la calidad de un producto durante parte, o la totalidad, de su proceso productivo, de una forma continua. Las bases matemáticas y estadísticas para este tipo de control se encuentran en los trabajos realizados conjuntamente en las Universidades de Jerusalén, Cornell y California por un equipo de trabajo en 1953 (83, 84); en 1958, Anscombe (6) adaptó su método de Inspección Rectificada al control continuo del producto durante su producción. Posteriormente, han aparecido multitud de trabajos al respecto, la mayoría de los cuales pueden consultarse en la publicación periódica «Industrial Quality Control» y abarcan desde innovaciones teóricas hasta consejos prácticos para el uso del muestreo secuencial en el control continuo.

Es muy importante no confundir la idea de tarjetas o gráficos de control clásicos (no acumulativos) con los procedimientos secuenciales. En la obra del profesor Wetherill (80) puede encontrarse un análisis detallado de los métodos secuenciales en el control continuo de producción.

4. Selección de Paneles para Control de Calidad en sus diversos aspectos

Constituye uno de los campos más interesantes de aplicación de los métodos secuenciales. En esencia se trata de emplear el análisis secuencial como método para seleccionar «objetivamente» un panel de jueces con unas características determinadas en cada caso. Dichos jueces han de emitir sus opiniones sobre las diferencias (cuantitativas o no) encontradas entre varios productos, analizando una (o varias) características que se suponen importantes para la producción de un producto o su comercialización.

En nuestra opinión se pueden considerar cuatro casos en los que el uso de «Test Secuencial de Selección de Paneles» presenta interés:

1. Detectación de diferencias:
 - Casos de lanzamiento de un nuevo producto.
 - Casos de introducción de alguna modificación en un producto ya existente en el mercado.
 - Análisis de efectos del almacenamiento.
 - Detectación de adulterantes o sustancias extrañas en un determinado producto, etc.
2. Control de calidad propiamente dicho: Cuando se trata de mantener el nivel de calidad en los productos.
3. Análisis de preferencias de los consumidores.
4. Evaluación de la calidad: mediante el uso de escalas o sistemas de puntuación.

Los problemas que aparecen en la selección de paneles se refieren al número de jueces así como a su habilidad y experiencia en cada caso particular. Por ejemplo, para los apartados 1, 2 y 4, se requerirá mayor habilidad y experiencia a los jueces, que para el apartado 3 en el que se trata de simular un panel de consumidores, y este último apartado requerirá, a su vez, mayor número de jueces que los tres anteriores.

Es durante la selección de los jueces cuando los tests secuenciales tienen su aplicación. Dados dos límites de error y el nivel de experiencia deseable en los miembros de un panel, los tests secuenciales permiten mediante contraste de hipótesis determinar la aptitud de un individuo para tomar parte del mismo.

La forma en que debe expresarse el nivel de experiencia (dato inicial) depende del tipo de test que se usa: así será distinta para el Test de Rao que para el de Wald o Barnard.

En el trabajo de Bradley en 1953 (19) puede encontrarse el desarrollo teórico del análisis secuencial de selección de paneles. (Dicho desarrollo tuvo lugar en la década de los años 50, aunque sus aplicaciones en la práctica sean más actuales.)

Los métodos de selección de paneles y de los que forman parte los análisis secuenciales citados han sido preferentemente usados para productos alimenticios con los que su idea se identifica perfectamente, hasta tal punto, que la nomenclatura inglesa conoce este tipo de métodos con el nombre de «Tests de gustos» y otros relacionados con diferencias individuales de apreciación. («Taste testing».) *

No obstante, la extensión de su uso es hoy prácticamente general aplicándose preferentemente, además de a productos alimenticios, a otros artículos y productos de consumo muy inmediato, como son los productos de perfumería y droguería.

A veces el panel no ha de juzgar el producto en sí mismo, sino a su presentación, empaquetado, etc. y en este sentido es aplicable a gran número de productos.

B) OTROS METODOS RELACIONADOS CON EL ANALISIS SECUENCIAL

Al mismo tiempo que se han ido desarrollando los tests secuenciales, otros métodos, en cierta forma conectados con la idea de secuencia, han ido apareciendo, usualmente (salvo en el caso de la «aproximación estocástica») con la idea inicial de ser utilizados en la industria.

Estos métodos, aunque desarrollados teóricamente hace más de un cuarto de siglo, han comenzado a ser aplicados muy recientemente. (En general existe un lapso de tiempo considerable entre la concepción teórica de todo método de muestreo industrial y la difusión de su aplicación como norma generalizada.) Consideraremos los siguientes:

1. Muestreo inverso: En el que la variable estadística es precisamente el tamaño de la muestra. Fue desarrollado por Tweedie (1945) (70). (Al mismo tiempo la empleó Maldane como método para estimar frecuencias.)

2. Métodos de «Contraste de vida y Fiabilidad» de productos: Relacionados con las Técnicas de Muestreo Doble, existen

* El vocablo inglés «taste», aunque literalmente significa «sabor», en este caso tiene, en nuestra opinión, la acepción más general de «gusto» en el sentido de apreciación de los sentidos: olores, sabores, colores, etc.

varias variantes. Las ideas básicas del «contraste de vida» fueron desarrolladas por Spstein en 1955 (39-40).

3. Aproximación Estocástica: Método que trata de estimar los parámetros de relación entre dos variables o características mediante aproximaciones secuenciales. El método nació como una aportación a la teoría de la regresión en 1951, siendo expuesta su teoría por Robbins y Monro (63). Sus aplicaciones a la industria, todavía no muy desarrolladas, tienen su campo en la experimentación industrial obteniendo estimadores de parámetros en procesos de transformación industrial mediante secuencias experimentales. Chung (24) en 1954, Duoretzky (37) y Derman (32) en 1956 desarrollan la idea inicial.

A partir de 1950, y siempre tratando de seguir los avances de los métodos de muestreo clásico, multitud de trabajos de tipo teórico se han venido llevando a cabo con el fin de perfeccionar los métodos de aplicación del muestreo secuencial. Gracias a estos avances teórico la industria cuenta hoy con una gama de posibilidades de uso de métodos secuenciales bastante amplia. Ante la imposibilidad de comentar todos los trabajos de investigación realizados en este sentido, nos limitaremos a indicar las direcciones fundamentales en las que se han desarrollado citando algunas de las aportaciones más significativas en cada una de ellas:

— Búsqueda de mayor precisión a menor o igual coste.

Wald (77) ya en 1948 crea un precedente en el sentido de buscar el test secuencial óptimo. Posteriormente Champernowne (22) en 1953, Brakeall (20) en 1956 y Johnson (52) en 1960 realizan investigaciones en la misma dirección. Anderson (2) en 1960 realiza una técnica para disminuir la longitud de la secuencia sin perder precisión.

En 1959, Wetherill (78) investiga el plan más económico para muestreo secuencial por variables, y en 1960 Wetherill y Vagohokar (73) lleva a cabo el mismo trabajo en el caso de atributos.

En 1965 Van der Weerden (73) enfoca el problema de encontrar un plan secuencial óptimo, como un problema de estrategia, y en este sentido trabaja Worthan (85) en 1971.

En 1970, Planzagt y Schuler (61) aplican técnicas bayesianas para obtener una medida de la eficiencia de un plan secuencial.

Por otra parte se investiga sobre la simplificación de los métodos derivados del análisis secuencial, bien mediante la búsqueda de variantes más rápidas, bien mediante investigación de algoritmos de computación adecuados o del empleo de métodos

de simulación. Entre los muchos trabajos en este sentido, citaremos los llevados a cabo por Kesten (54) en 1958, y Fabián (42) en 1967, respecto a la aproximación estocástica, y por Chow y Dickinson (23) en 1972 respecto al muestreo doble.

— Búsqueda de mayores posibilidades de aplicación de los métodos (test de varias hipótesis, distribuciones particulares, empleo en forma secuencial de tests estadísticos usuales, problemas concretos de estimación secuencial, etc.)

En este aspecto existe gran cantidad de investigaciones, unas de carácter puramente teórico y otras llevadas a cabo pensando en la posible aplicación.

Además de los trabajos de Wald (72) publicados en 1947 gran importancia en el desarrollo de esta tendencia. Armitage (9,10) quien a partir de 1950 realiza una serie de trabajos sobre extensiones de los métodos secuenciales, y Cox (25, 26, 27) quien estudia en 1952 la estimación secuencial de medias y otros aspectos. En 1961 Jackson y Dradley (50) investigan la aplicación al muestreo de aceptación de los test secuenciales X^2 y T^2 y Hajnal (47) desarrolla un t-secuencial de dos muestras. (Armitage había ya aplicado el análisis secuencial al test de Student en 1950.) En 1969 Aroian y Robison (11) desarrollan un método para estimar la media de una población normal, mediante tests secuenciales limitados. Asimismo, dentro del campo de la estimación secuencial de parámetros es muy interesante el trabajo que Linnik y Romanovsky (55) presentaron al Congreso de Berkeley en 1972. Freeman (45) en 1972 desarrolla un método para estimar el tamaño de una población utilizando tests secuenciales. En 1963 Alexander y Suich (1) desarrollan un test secuencial truncado para comparación de medias.

Por lo que respecta a tests secuenciales de hipótesis compuestas, Cox (25) en 1952 crea un test secuencial con dicho objetivo y en 1965 (28) lo extiende al caso de grandes muestras secuenciales. Más recientemente, es interesante la investigación llevada a cabo en 1972 por Joanes (49).

— Investigaciones relativas a métodos gráficos.

Desde su principio, los métodos secuenciales tiene una gran base gráfica, siendo ello una gran ventaja para su divulgación.

Muchos estudios se han llevado a cabo sobre la concepción de diversas fichas de tipo acumulativo, gráficos de barreras, etc. En este sentido es muy interesante el trabajo publicado por Ewan (41) en 1963 sobre el empleo de fichas de sumas acumula-

das, así como el llevado a cabo en 1968 por Debruyne y Eva Dobben (31). Es Stante (65,66,67) quien da una gran impulso a la determinación gráfica de tests secuenciales y a la preparación de impresos gráficos especiales para llevarla a cabo.

Empleo del conocimiento «a priori» en el muestreo secuencial: enfoque bayesiano.

Este campo, más reciente que los anteriores, está mucho menos desarrollado. El origen de la inferencia bayesiana en tests secuenciales está en el trabajo llevado a cabo por el profesor Wetherill (79) en 1961.

Freeman (44) en 1970 determina el test óptimo secuencial bayesiano para estimación de medias, y junto con El Sayyad (38) aplica en 1973 estas técnicas al proceso poissoniano. Pfanzagl y Schler (61), en su trabajo, ya citado anteriormente, aplican técnicas bayesianas para medir la eficiencia de un plan de muestreo secuencial.

Las técnicas bayesianas secuenciales han sido asimismo estudiadas en cuanto a su aplicación a fiabilidad y contraste de vida. En este sentido se desarrollan los trabajos de Barrett (13), Tsokos y Canovos (69) realizados ambos en 1972.

El trabajo llevado a cabo en 1973 por el profesor Daret (14) sobre métodos bayesianos aplicados a problemas industriales incluye un comentario de empleo de métodos bayesianos secuenciales en la industria.

Como posibilidades futuras del análisis secuencial, además del desarrollo y puesta a punto de los métodos derivados de las tendencias anteriormente citadas, hemos de considerar la posibilidad, todavía no desarrollada teóricamente, de métodos secuenciales multivariantes, tales como Estimaciones Multivariantes Secuenciales, Discriminación Secuencial Multivariante, etc. El desarrollo de este tipo de investigaciones permitiría la aplicación de algunos métodos secuenciales a productos industriales, considerando en ellas distintas características al mismo tiempo.

Aunque existe hace ya más de veinte años, la idea de esta posibilidad no se ha desarrollado concretándose en métodos. Armitage (9) en 1950 conecta ya la idea de secuencia al problema de la discriminación, así como Maurice (57) en 1957, trabajando con problemas univariantes. Blum (18) desarrolla un método de aproximación estocástica multidimensional. El trabajo más importante en este sentido es quizá el estudio llevado a cabo por Wijsman (82) en 1967, sobre las propiedades del test secuencial

de la Razón de Probabilidades de Wald, aplicado a observaciones extraídas de una distribución normal multivariante.

Las causas de que los métodos secuenciales multivariantes permanezcan aún hoy como una posibilidad teórica remota son, en nuestra opinión, las siguientes:

a) El gran interés práctico de aplicación de la teoría estadística multivariante no ha sido valorado suficientemente hasta fechas relativamente recientes. (Con excepción de las aplicaciones a Psicología).

b) La dificultad de representación gráfica de una secuencia multivariante en la práctica.

c) La aplicación práctica de métodos secuenciales univariantes no está aún lo suficientemente extendida como para que exista una demanda de investigación en sentido de ampliación o más de una característica.

Para terminar, hemos de considerar que, si bien el interés de posibles métodos de muestreo secuencial multivariante puede no estar muy claro en cuanto a aplicaciones a la producción industrial (control de calidad de producción, aceptación, etc.) el interés de métodos de discriminación secuencial es evidente si pensamos en problemas de Normalización, Identificación de un lote con una categoría dentro de varias posibilidades, etc., considerando varias características de los productos.

BIBLIOGRAFIA

La bibliografía no pretende ser de ninguna forma exhaustiva, habiendo incluido tan sólo algunas referencias más de las citadas en el texto. Se ha prescindido de muchos trabajos de tipo puramente matemático así como de aplicaciones muy específicas, incluyendo sólo aquellas investigaciones que han tenido importancia en el desarrollo de métodos de aplicación. (Bibliografías más extensas que la presente sobre métodos secuenciales y aplicaciones pueden ser consultadas en Johnson (53) hasta 1960 y en Wetherill (77) actualizada hasta 1975.)

El autor agradece al profesor Derek Pike del Departamento de Estadísticas aplicada de la Universidad de Reading (Inglaterra) su crítica y consejos respecto a la selección y consulta de la bibliografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) ALEXANDER, R. y SUICH, R. C., 1973: «A Truncated sequential t-test for general x and B ». *Technometrics*, 15, 79-86.
- (2) ANDERSON, T. W., 1960: «A modification of the sequential probability ratio test to reduce the sample size». *Ann. Math. Statist.*, 31, 165-197.
- (3) ANSCOMBE, F. J., 1949: «Tables of sequential inspection schemes to control fraction defective». *Journal Royal Statist. Soc.*, A, 112, 180-206.
- (4) ANSCOMBE, F. J., 1952: «Large sample theory of sequential estimation». *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 48, 600-607.
- (5) ANSCOMBE, F. J., 1953: «Sequential estimation». *Journal Royal Statist. Soc.*, B, 15, 1-29.
- (6) ANSCOMBE, F. J., 1958: «Rectifying inspection of a continuous output». *Jour. Amer. Statist. Ass.* 53, 702-719.
- (7) ANSCOMBE, F. J., 1960: «Notes on sequential sampling plans». *J. R. Statist. Soc.*, A, 123, 297-306.
- (8) ANSCOMBE, F. J., 1961: «Rectifying inspection of lots». *J. Amer. Statist. Ass.* 56, 807-823.
- (9) ARMITAGE, P., 1950: «Sequential analysis with more than two alternative hypotheses, and its relation to discriminant function analysis». *Jor. Roy Statist. Soc.*, B, 12, 137-144.
- (10) ARMITAGE, P., 1957: «Restricted sequential procedures». *Biometrika*, 44, 9-26.
- (11) AROTAN, L. A. y ROBISON, D. E., 1969: «Direct methods for exact truncated sequential test of the mean of a normal distribution». *Technometrics*, 11, 661-676.
- (12) BARNARD, G. A., 1946: «Sequential tests in industrial statistics». *Journal Royal Statist. Soc.*, Suppl. 8, 1-26.
- (13) BARNARD, G. A., 1947: «Review of A. Wald's sequential analysis». *Journal Amer. Statist. Ass.*, 42, 658-664.
- (14) BARNETT, V., 1972: «A bayesian sequential life test». *Technometrics*, 14, 450-468.
- (15) BARNETT, V., 1973: «Bayesian and decision theoretic methods applied to industrial problems». *The Estatistician*, 22, 199-226.
- (16) BARTLETT, M. S., 1946: «The large sample theory of sequential tests». *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 42, 239-244.
- (17) BECHHOFFER, R. E. y BRUMENTHAL, S., 1962: «A sequential multiple decision procedure for selecting the best one of several normal populations with a common unknown variance, II: Monte

-
- Carlo sampling results and new computing formulae». *Biometrics*, 18, 52-67.
- (18) BLUM, J. R., 1954: «Multidimensional stochastic approximation methods» *Ann. Math. Statist.*, 25, 737-744.
 - (19) BRADLEY, R. A., 1953: «Some statistical methods in taste testing an quality evaluation». *Biometrics*.
 - (20) BREAKWELL, J. V., 1956: «Economically optimum acceptance tests». *Journal Amer. Statist. Ass.*, 51, 243-256.
 - (21) BURKNOLDER, D. L., 1956: «On a class of Stochastic approximation processes». *Ann. Math. Statist.*, 27, 1044-1059.
 - (22) CHAMPERNOWNE, D. G., 1953: «The economics of sequential sampling procedures for defectives». *Applied Statist.*, 2, 118-130.
 - (23) CHOW, B. y DICKINSON, O. C., 1972: «A computer program for the solution of double sampling plans». *J. Qual. Tech.*, 4, 205-209.
 - (24) CHUNG, K. L., 1954: «On a stochastic approximation method». *Ann. Math. Sta.*, 25, 465-483.
 - (25) COX, D. R., 1952: «Sequential tests for composite hypotheses». *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 48, 290-299.
 - (26) COX, D. R., 1952: «A note on the sequential estimation of means». *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 48, 447-450.
 - (27) COX, D. R., 1952: «Estimation by double ampling». *Biometrika*, 39, 217-227.
 - (28) COX, D. R., 1963: «Large sample sequential test for composite hypotheses». *Sankhya*, 25, 5-12.
 - (29) DAVIES, O. L., 1956: *The design and analysis of industrial experiments*. Oliver y Boyd, Edinburg.
 - (30) DAVIES, O. L., 1958: «The design of screening tests in the pharmaceutical industry». *Bull. Intl. Statist. Inst.* 36, III 226-241.
 - (31) DE BRUYNE, C. S. y EVAN DOBBEN, 1968: *Cumulative sum techniques. Theory and Practice*. Griffin, London, 115.
 - (32) DERMAN, C., 1956: «Stochastic approximation». *Ann. Math. Statist.*, 27, 879-886.
 - (33) DODGE, H. F. y ROMIG, H. G., 1929: «A method of sampling inspection». *Bell. Syst. Tch. J.* 8, 613-631.
 - (34) DODGE, H. F. y ROMIG, H. G., 1944: *Sampling inspection table single and double sampling* Hohn Wiley, New York.
 - (35) DUNCAN, A. J., 1959: *Quality control and industrial statistics*. Revised ed. Irwin, Illinois.
 - (36) DUNNETT, C. E., 1960: *Statistical theory of drug screening in quantitative methods in pharmacology* pp. 212-231. H. DE JONGE (ed). *North. Holland. Amsterdam*.
-

-
- (37) DUORETZKY, A., 1956: «On stochastic approximation». Proc. Third Berkeley Symp. 1, 39-53. Univ. of California, Berkeley.
 - (38) EL-SAYYAD, G. M. y FREMAN, P. R., 1973: «Bayesian sequential estimation of a Poisson process rate». *Biometrika*, 60, 289-296.
 - (39) EPSTEIN, B. y SOBEL, M., 1955: «Sequential life tests in the exponential case». *Ann. Math. Statist.* 26, 82-93.
 - (40) EPSTEIN, B.: «A sequential two sample life test». *J. Franklin Inst.* 260, 25-29.
 - (41) EWAN, W. D., 1963: «When and how to use Cu-sum charts». *Technometrics*, 5, 1-22 y 70, 77 y 79.
 - (42) FABIAN, V., 1967: «Stochastic approximation of minima with improved speed». *Ann. Math. Statist.*, 38, 191-200.
 - (43) FABIAN, V., 1969: «Stochastic approximation for almost functions». *Ann. Math. Statist.*, 40, 299-302.
 - (44) FREEMAN, P. R., 1970: «Optimal Bayesian Sequential estimation of the median effective dose». *Biometrika*, 57, 79-90.
 - (45) FREEMAN, P. R., 1972: «Sequential estimation of the size of a population». *Biometrika*, 59, 9-18.
 - (46) GREB, D. J., 1963: «Sequential sampling plans». *Indust. Qual. Contr.* 19, November, 24-48.
 - (47) HAJNAL, J., 1961: «A two sample sequential t-test». *Biometrika*, 48, 65-75.
 - (48) HARRISON, S., 1950: «Some applications of Statistic's to laboratory taste testing». *Food Technology*, 4, 434-439.
 - (49) JOANES, D. N., 1972: «Sequential test of composite hypothesis». *Biometrika*, 59, 633-638. *Biometrika*, 62, 1975.
 - (50) JACKSON, J. E. y DRADLEY, R. A., 1961: «Sequential X^2 and T^2 tests and their application to an acceptance sampling problem». *Technometrics*.
 - (51) JOHANSEN, S., 1970: «Asymptotic properties of the restricted bayesian double sampling plan». *Technometrics*, 12, 647-667.
 - (52) JOHNSON, N. L., 1960: «On the choice of a sequential procedure». Proc. Biometric Society Symp. 27-40. Leyden.
 - (53) JOHNSON, N. L. 1961: «Sequential analysis: a survey». *Journal Royal Statis., Soc.*, A. 124, 372-411.
 - (54) KESTEN, M. 1958: «Accelerated stochastic approximation». *Ann. Math. Statist.*, 29, 41-59.
 - (55) LINNIK, YU, V. y ROMANOUSKY, I. V., 1972: «Some new results in sequential estimation theory». *Proc. Sixth Berk. Symp. Math. Statist. Prob.* Vol. 1, Univ. of California Press. Berkley.
 - (56) MANTY, B. F. J., 1969: «Approximations to the characteristics of some sequential tests». *Biometrika*, 56, 203-206.
-

-
- (57) MAURICE, R. J., 1957: «A minimax procedure for choosing between two populations using sequential sampling». *Journal Royal Statist. Soc.*, B, 19, 255-261.
- (58) NEYMAN, J.: «On the two different aspects of the representative methods. The method of stratified sampling and the method of purposive selection». *Journal Royal Statist. Soc.*, 97, 558-606.
- (59) NOEL, R. H., 1952: «Sampling for the drug industry». *Drug and Allied Industries*, 38, 15.
- (60) PAULSON, E., 1969: «Sequential interval estimation for the means of normal populations». *Ann. Math. Statist.*, 40, 509-516.
- (61) PFANZAGL, J. y SCHULER, W., 1970: «Efficiency of sequential sampling plans based on prior distribution and costs». *Technometrics*, 12, 299-310.
- (62) RIVETT, B. M. P., 1951: «Sequential analysis of machine performance in statistical method for industrial production». *London R. S. A.* pág. 86-89.
- (63) ROBBINS, M. E. y MONRO, S. A.: «A stochastic approximation method». *Ann. Math. Statist. Soc.*, 24, 400-407.
- (64) SCHAFER, R. D. y TAKENAGA, R., 1972: «Sequential probability ratio test for availability». *Technometrics*, 14, 123-135.
- (65) STANGE, K., 1966: «On graphical determination of sequential designs for sampling by variables with known variance of production». (Original en alemán.) *Biom. Zeit.*, 8, 55-74.
- (66) STANGE, K., 1967: «On graphical determination of sequential plans for sampling by attributes». (Original en alemán.) *Biom. Zeit.*, 9, 180-199.
- (67) STANGE, K., 1967: «On graphical determination of sequential plans by sequential graph paper». (Original en alemán.) *Wiss. Zeit. Humboldt Univ.* 16, 94-103.
- (68) STANGE, K., 1969: «Sequential plans for sampling by variables in the case of known variance of the production and a superficially and below limited tolerance region for the values of the character. (Original en alemán.) *Biom. Zeit.*, 11, 1-24.
- (69) TSOKOS, C. P. y CANOVOS, G.: «Bayesian concepts for the estimation of reliability in the Weisull safe testing model». *Inst. Stat. Review.*, 40.
- (70) TWEEDIE, M. C. 1945: «Inverse statistical variants». *Nature*. London. pp. 155-453.
- (71) UMAROV, S. E., 1970: «Sequential acceptance plans of quality control. (Original alemán.) *Nauchm. Zapiski Tashkent. Inst. Narodnago Khozaistau.*, 55, 118-129.
- (72) VAGHOLKAR, M. K. y WETHERILL, G. B., 1960: «The most
-

-
- economical binomial sequential probability ratio test». *Biometrika*, 47, 103-109.
- (73) VAN der WAERDEN, B. L. 1965: «Sequential sampling inspection as a minimum problem». (Original en alemán.). *Zeit. Wahrscheinlichkeitsthe.* 4, 187-202.
- (74) WALD, A., 1945: «Sequential test of statistical hypotheses». *Ann. Math. Statist.*, 16, 117-189.
- (75) WALD, A., 1944: «On cumulative sum of random variables». *Ann. Math. Stat.*, 15, 283-296.
- (76) WALD, A., 1947: *Sequential analysis*. John Wiley. New York.
- (77) WALD, S., 1948: «Optimum character of the sequential probability ratio test». *Ann. Math. Statist.*, 19, 326-339.
- (78) WETHERILL, G. B., 1959: «The most economical sequential sampling scheme for inspection by variables». *Jour. Roy. Statist. Soc.*, B. 21, 400-408.
- (79) WETHERILL, G. B., 1961: «Bayesian sequential analysis». *Biometrika*, 48, 281-292.
- (80) WETHERILL, G. D., 1969: *Sampling inspection and quality control*. Meth. and Co. Ltd. London.
- (81) WETHERILL, G. B., 1975: *Sequential Methods in statistics*. Chapman and Hall. London.
- (82) WIJSMAN, R. A. 1967: «General proof of termination with probability one of invariant sequential probability ratio test based on multivariate normal observations». *Ann. Math. Statist.*, 38, 8-24.
- (83) WOLFOWITZ, J.; KIEFER, J. y DUORETZKY, A., 1953: «Sequential decisions problema with continuous time parameter testing hypotheses». *Annals of Math Statist.*, 24.
- (84) WOLFOWITZ, J.; KIEFER, J.; DUORETZKY, A. 1953: «Sequential decisions problems with continuous time parameter: estimation». *Annals of Math. Statist.*, 24.
- (85) WORTHAN, A. W., 1971: «A backward recursive technique for optimal sequential sampling plans». *Naw. Res. Log. Queat.* 18, 203-213.
-