

MonteCarlo

Toolbox de Matlab

**Herramientas para un laboratorio de estadística
fundamentado en técnicas Monte Carlo**

Josep Maria LOSILLA VIDAL

Tesis doctoral dirigida
por el Dr. Josep Maria Domènech i Massons

Departament de Psicologia de la Salut
Facultat de Psicologia
Universitat Autònoma de Barcelona
1994

5

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

«The advantage of the Monte Carlo method seems to stem from its greater simplicity in a fundamental intuitive sense due to having fewer "working parts", and because the student never needs to take anything on faith, especially the sort of faith that is necessary with analytic methods that work by way of the central limit theorem ("It shown in advanced texts that...).»

Julian L. Simon, David T. Atkinson
y Carolyn Shevokas, 1974

El contenido de la exposición realizada en el capítulo 2 y los resultados obtenidos en los experimentos presentados en el capítulo 4, muestran que las técnicas de remuestreo permiten realizar estimaciones válidas del grado de significación de una prueba de contraste de hipótesis, así como evaluar el error estadístico o estimar intervalos de confianza para parámetros. Estas estimaciones se pueden realizar en situaciones en que las técnicas clásicas no pueden aplicarse, ya sea porque se incumple alguno de los supuestos teóricos en que se basan, o porque la distribución muestral del estadístico no se ha derivado analíticamente.

No obstante, para obtener resultados precisos con las técnicas de remuestreo estadístico, a pesar de ser generales en cuanto a su aplicación y no suponer ninguna característica sobre la forma de las distribuciones, requieren, en muchos

casos, la realización de algún supuesto que hace que su aplicación automática no sea tan general.

Los resultados del último experimento presentado en el capítulo anterior ponen de manifiesto que los procedimientos *bootstrap* son especialmente válidos cuando se implementan de la forma más adecuada posible, utilizando, por ejemplo, una corrección de la asimetría de la distribución muestral o un estadístico pivote. En este sentido, son muy importantes las investigaciones que a nivel teórico se están llevando a cabo para desarrollar procedimientos automáticos de estimación del valor de la constante de aceleración en el método percentil con corrección acelerada del sesgo (Efron, 1992), o la realización de transformaciones automáticas de los datos para reducir la variancia de los estimadores (Tibshirani, 1988), o en la línea de aumentar la eficiencia de la simulación Monte Carlo mediante la aplicación de esquemas de remuestreo más complejos (Do, 1992; Doss y Chang, 1994), o mediante la adaptación de las técnicas clásicas de reducción de la variancia como el muestreo de importancia (Johns, 1988; Do y Hall, 1991) o el uso de variables antitéticas (Hall, 1989a, 1989b; Do, 1992).

A pesar de que todavía queda mucho por hacer en el campo abierto por las técnicas de remuestreo (y, de forma más general, por las técnicas de computación intensiva), el futuro puede ser, como señalan Efron (1982) y Noreen (1989), «*muy excitante para los estadísticos*». Efron predice, incluso, que los próximos años se caracterizarán por un parcial reemplazo de los modelos paramétricos y de los cálculos matemáticos que los caracterizan, por métodos de computación intensiva.

Por otra parte, los experimentos realizados constatan la adecuación tanto de los mandatos implementados en el *toolbox MonteCarlo*, como del sistema MATLAB como laboratorio de investigación estadística con base en las técnicas Monte Carlo. Los resultados obtenidos muestran también la precisión de los cálculos numéricos que realiza MATLAB y la calidad de los generadores de secuencias de números aleatorios. Además, la programación de los algoritmos es más sencilla y rápida que la que habitualmente se realiza con otros lenguajes de programación para llevar a cabo estos mismos experimentos.

Finalmente, otro hecho destacable del entorno MATLAB, es su capacidad para ampliar su lenguaje base, como prueba el desarrollo del propio *toolbox MonteCarlo*, y el hecho de poder utilizar cualquier rutina o programa desarrollado en los lenguajes C y FORTRAN, lo que permite utilizar las grandes librerías de funciones matemáticas y estadísticas (NAG, IMSL, Numerical Recipes, etc.).

En conclusión, MATLAB es un entorno informático óptimo para llevar a cabo investigaciones de simulación estadística.

La versión actual del *toolbox MonteCarlo* cubre aquellos mandatos que permiten llevar a cabo los experimentos básicos de simulación. En el futuro, nuestra intención es ampliar *MonteCarlo*, añadiendo los mandatos necesarios para la generación de matrices de datos bajo distribuciones de probabilidad conjuntas, así como incorporando nuevos cuadros de diálogo, como el del mandato DMUESTRAL presentado en el capítulo 3, que contengan familias de experimentos de interés tanto en el ámbito de la teoría de la probabilidad como de la estadística.

Este tipo de mandatos, que representan el tercer nivel de uso del *toolbox MonteCarlo*, creemos que pueden constituir una potente herramienta didáctica en la enseñanza de la probabilidad y de la estadística.

El uso de los métodos Monte Carlo como instrumento didáctico no es, por supuesto, una idea nueva. Como señalan Hammersley y Handscomb (1964), ya a principios de este siglo estos métodos se utilizaban con profusión en todas las escuelas británicas, con el convencimiento de que los estudiantes no podrían apreciar realmente las propiedades de la teoría estadística sin verlas ejemplificadas mediante la simulación (aunque en aquel tiempo se llevaba a cabo, lógicamente, de forma manual).

Como señalan Simon et al. (1969, 1976, 1991), la introducción del muestreo Monte Carlo representa un cambio radical en los estilos tanto de aprendizaje como docentes. Las investigaciones realizadas para comprobar su eficacia como método docente (Shevokas, 1974; Atkinson, 1975; Bradley, 1989; Wood, 1992; Collyer, 1992; Ricketts y Berry, 1994) han demostrado que el aprendizaje es más intuitivo, alcanzándose progresivamente el nivel de comprensión y de síntesis a partir de la *experimentación interactiva* y de la *visualización gráfica y dinámica de los conceptos*. Según Higgs (1993), incluso los índices estadísticos más sencillos, como por ejemplo, la media o la desviación estándar, han de mostrarse "en acción" en relación con una amplia variedad de poblaciones para que la forma en que deben utilizarse y la información que proveen pueda comprenderse completamente.

Mientras el alumno aplica los métodos Monte Carlo, el profesor presenta y debate con él aquellas ideas básicas que le permiten ir descubriendo por sí mismo las leyes que guían el razonamiento estadístico y la solución del problema. Una vez alcanzados los niveles de abstracción necesarios, el alumno ya está preparado para entender y aplicar de forma correcta las diferentes técnicas de análisis de datos que permiten resolver situaciones concretas, sin correr el riesgo de que, utilizando un dicho popular, los árboles impidan ver el bosque (Gordon y Hunt, 1986; Simon, 1991).

Se trata, en definitiva, de transportar el entorno de investigación al ámbito educativo, estimulando al estudiante para que aprenda de forma activa, progresiva y experimental. De este modo, tal y como señalan Simon et al. (1974) en la cita inicial de este capítulo, no se obliga al alumno a aceptar los resultados estadísticos como un hecho, dejándolos con un sentimiento de inferioridad y una falta de comprensión conceptual del procedimiento.

Al fin y al cabo, enseñar a investigar es el objetivo fundamental de la educación universitaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVITCH, L. Y SINGH, K. (1985). Edgeworth corrected pivotal statistics and the bootstrap. *Annals of Statistics*, 13, 116-132.
- AFIFI, A.A. Y AZEN, S.P. (1972). *Statistical analysis. A computer oriented approach*. Nueva York: Academic Press.
- ALEMAYEHU, D. (1987). Bootstrap methods for multivariate analysis. *ASA Proceedings of Statistical Computing Section*, 321-324.
- ALEMAYEHU, D. Y DOKSUM, K. (1990). Using the bootstrap in correlation analysis, with application to a longitudinal data set. *Journal of Applied Statistics*, 17, 357-368.
- ANDERSON, C.W. Y LOYNES, R.M. (1987). *The teaching of practical statistics*. Wiley series in probability and mathematical statistics. Nueva York: John Wiley & Sons, Ltd.
- ATKINSON, D.T. (1975). *A comparison of the teaching of statistical inference by Monte Carlo and analytical methods*. Tesis doctoral. Universidad de Illinois.
- BABU, G.J. Y SINGH, K. (1984). On one term Edgeworth correction by Efron's bootstrap. *Sankhya A*, 46, 219-232.
- BAILEY, R.A., HARDING, S.A. Y SMITH, G.L. (1984). Cross-validation. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 5, 39-44.
- BAILEY, S. (1992). Calculating an exact permutation trend test statistic using the SAS system. *Proceedings of the SAS Users Group International Conference*, 17, 1386-1390.
- BANGDIWALA, S.I. (1989). The teaching of the concepts of statistical tests of hypotheses to non-statisticians. *Journal of Applied Statistics*, 16(3), 355-361.
- BARNARD, G.A. (1963). Discussion of Professor Bartlett's paper. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 25, 294.
- BASU, D. (1980). Randomization analysis of experimental data: the Fisher randomization test. *Journal of the American Statistical Association*, 75, 575-581.
- BECHER, H. (1993). Bootstrap hypothesis testing procedures. *Biometrics*, 49, 1268-1272.

- BELL, D., MORREY, I. Y PUGH, J. (1992). *Ingeniería del software aplicada a la programación*. Madrid: Anaya Multimedia. (Traducción de la obra en inglés "Software engineering: a programming approach", Nueva York: Prentice-Hall, Inc., 1987).
- BERAN, R. (1987). Prepivoting to reduce level error of confidence sets. *Biometrika*, 74, 457-468.
- BERAN, R. Y DUCHARME, G.R. (1991). *Asymptotic theory for bootstrap methods in statistics*. Univeridad de Montréal: Les Publications du Centre de Recherches Mathématiques (CRM).
- BICKEL, P.J. Y FREEDMAN, D.A. (1981). Some asymptotic theory for the bootstrap. *Annals of Statistics*, 9, 1196-1217.
- BICKEL, P.J. Y FREEDMAN, D.A. (1984). Asymptotic normality and the bootstrap in stratified sampling. *Annals of Statistics*, 12, 470-481.
- BISHOP, P. (1991) (3ª ed.). *Conceptos de informática*. Madrid: Anaya Multimedia. (Traducción de la obra en inglés "Computing science", Nueva York: Thomas Nelson and Sons, Ltd., 1987).
- BISSELL, A.F. (1977). The jackknife. *Bulletin in Applied Statistics*, 4, 55-64.
- BLAND, J.M. (1984). Using a microcomputer as a visual aid in the teaching of statistics. *The Statistician*, 33, 253-259.
- BOOMSMA, A. (1990). BOJA: a program for bootstrap and jackknife. *Compstat 1990*, 29-34.
- BOOMSMA, A. Y MOLENAAR, I.W. (1991). Resampling with more care. *Chance, New Directions for Statistics and Computers*, 4(4), 22-32.
- BOOTH, J.G., HALL, P. Y WOOD, A.T.A. (1993). Balanced importance resampling for the bootstrap. *The Annals of Statistics*, 21(1), 286-298.
- BOX, G.E.P. Y ANDERSEN, S.L. (1955). Permutation theory in the derivation of robust criteria and the study of departures from assumption. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 17, 1-34.
- BRADLEY, D.R. (1988). *DATASIM*. Lewiston, Maine: Desktop Press.
- BRADLEY, D.R. (1989). Computer simulation with DATASIM. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 21(2), 99-112.

- BRADLEY, J. (1993). *Statistics toolbox for use with MATLAB. User's Guide*. Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- BRATLEY, P., FOX, B.L. Y SCHRAGE, L.E. (1987). *A guide to simulation* (2^a ed.). New York: Springer-Verlag.
- CAMSTRA, A. Y BOOMSMA, A. (1992). Cross-validation in regression and covariance structure analysis. An Overview. *Sociological Methods & Research*, 21(1), 89-115.
- CARSON, R.T. (1985). SAS macros for bootstrapping and cross-validating regression equations. *Proceedings of the SAS Users Group International Conference*, 10, 1064-1069.
- CHANT, D. Y DALGLEISH, L.I. (1992). A SAS macro for jackknifing the results of discriminant analyses. *Multivariate Behavioral Research*, 27(3), 323-333.
- CHEN, R.S. Y DUNLAP, W.P. (1993). SAS procedures for approximate randomization tests. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 25(3), 406-409.
- CLEMENTS, R.R. (1986). The role of system simulation programs in teaching applicable mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 17, 553-560.
- CODY, J. (1975). *An overview of software development for special functions*. En G.A. Watson (ed.): Numerical analysis dundee. Lecture notes in mathematics, 506. Berlin: Springer Verlag.
- COE, R.D. (1989). The stochastic spreadsheet: a new statistical computing tool. *The Statistician*, 38, 117-120.
- COE, R.D. (1991). PREDICT: a spreadsheet for examining stochastic models by simulation. *Applied Statistics*, 40(1), 189-194.
- COLLIER, CH.E. (1992). Spreadsheet modeling for research and teaching: Programming without programming. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 24(3), 467-474.
- COOIL, B., WINER, R.S. Y RADOS, D.L. (1987). Cross-validation for prediction. *Journal of Marketing Research*, 24, 271-279.
- CROOKER, G.R. Y WRIGHT, D.E. (1984). Teaching hypothesis tests by simulation: a problem oriented approach. *Journal of Applied Statistics*, 11, 182-186.

- DALLAL, G.E. (1988). PITMAN: a FORTRAN program for exact randomization tests. *Computers and Biomedical Research*, 21, 9-15.
- DALLAL, G.E. (1990). Statistical computing packages: dare we abandon their teaching to others?. *The American Statistician*, 44(4), 265-266.
- DAVISON, A.C., HINKLEY, D.V. Y SCHECHTMAN, E. (1986). Efficient bootstrap simulation. *Biometrika*, 73, 555-566.
- DEMPSTER, A.P., LAIRD, N.M. Y RUBIN, D.B. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 39, 1-37.
- DEVROYE, L. (1986). *Non-uniform random variate generation*. New York: Springer-Verlag.
- DIACONIS, P. Y EFRON, B. (1983). Computer-intensive methods in statistics. *Scientific American*, 248, 116-130.
- DICICCIO, T. (1986). On Efron's confidence limits. Paper presented at *Second Catalan International Symposium on Statistics*. Barcelona, Septiembre.
- DICICCIO, T. (1992). Fast and accurate approximate double bootstrap confidence intervals. *Biometrika*, 79, 285-295.
- DICICCIO, T. Y EFRON, B. (1992). More accurate confidence intervals in exponential families. *Biometrika*, 79, 231-245.
- DICICCIO, T., MARTIN, M.A. Y YOUNG, G.A. (1992). Analytical approximations for iterated bootstrap confidence intervals. *Statistics and Computing*, 2, 161-171.
- DICICCIO, T. Y ROMANO, J.P. (1988). A review of bootstrap confidence intervals (con discusión). *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 50, 338-370.
- DO, K.A. (1992). A simulation study of balanced and antithetic bootstrap resampling methods. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 40, 153-166.
- DO, K.A. Y HALL, P. (1991). On importance resampling for the bootstrap. *Biometrika*, 78, 161-167.
- DOLL, J.D. Y FREEMAN, D.L. (1987). Randomly exact methods. *Science*, 234, 1356-1360.

- DOMÉNECH, J.M. (1993). *Estimación de parámetros*. Documentos del Laboratori d'Estadística Aplicada i de Modelització. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona: Editorial Gráficas SIGNO, S.A.
- DOMÉNECH, J.M. (1993). *Comprobación de hipótesis*. Documentos del Laboratori d'Estadística Aplicada i de Modelització. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona: Editorial Gráficas SIGNO, S.A.
- DONEGANI, M. (1991). An adaptative and powerful randomization test. *Biometrika*, 78, 930-933.
- DOSS, H. Y CHIANG, Y.-C. (1994). Choosing the resampling scheme when bootstrapping: a case study in reliability. *Journal of the American Statistical Association*, 89(425), 298-308.
- DWASS, M. (1957). Modified randomization tests for nonparametric hypotheses. *Annals of Mathematical Statistics*, 28, 181-187.
- EDGINGTON, E.S. (1966). Statistical inference and nonrandom samples. *Psychological Bulletin*, 66, 485-487.
- EDGINGTON, E.S. (1969a). Approximate randomization tests. *Journal of Psychology*, 72, 143-149.
- EDGINGTON, E.S. (1969b). *Statistical inference: the distribution-free approach*. Nueva York: McGraw-Hill.
- EDGINGTON, E.S. (1980). *Randomization tests*. Statistics: textbooks and monographs, Vol. 31. New York: Marcel Dekker, Inc. (2^a ed. 1987)
- EDGINGTON, E.S. Y KHULLER, P.L.V. (1992). A randomization test computer program for trends in repeated-measures data. *Educational and Psychological Measurement*, 52, 93-96.
- EFRON, B. (1979a). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1-26.
- EFRON, B. (1979b). Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable. *SIAM Review*, 21(4), 460-480.
- EFRON, B. (1981). Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68, 589-599.
- EFRON, B. (1982a). *The jackknife, the bootstrap and other resampling plans*. CBMS Regional Conference Series in Applied Mathematics 38. Philadelphia: SIAM Publications.

- EFRON, B. (1982b). Computer intensive methods in statistics. En J.T. de Oliveira y B. Epstein (Eds.), *Some recent advances in statistics* (pp. 173-181). London: Academic Press.
- EFRON, B. (1983). Estimating the error rate of a prediction rule: improvements on cross-validation. *Journal of Americal Statistical Association*, 78, 316-331.
- EFRON, B. (1985). Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. *Biometrika*, 72, 45-58.
- EFRON, B. (1987). Better bootstrap confidence intervals (con discusión). *Journal of Americal Statistical Association*, 82, 171-200.
- EFRON, B. (1988). Bootstrap confidence intervals: Good or bad?. *Psychological Bulletin*, 104, 293-296.
- EFRON, B. (1990a). More efficient bootstrap computations. *Journal of the American Statistical Association*, 85, 79-89.
- EFRON, B. (1990b). Jackknife-after-bootstrap computations. *Technical report núm. 294*. Stanford University.
- EFRON, B. Y GONG, G. (1983). A leisurely look at the bootstrap, the jackknife and corss-validation. *American Statistics*, 37, 36-48.
- EFRON, B. Y STEIN, C. (1981). The jackknife estimate of variance. *Annals of Statistics*, 9, 586-596.
- EFRON, B. Y TIBSHIRANI, R. (1986). Bootstrap methods for standar errors, confidence intervals and other measures of statistical accuracy. *Statistical Science*, 1, 54-57.
- EFRON, B. Y TIBSHIRANI, R. (1991). Statistical data analysis in the computer age. *Science*, 253, 390-395.
- FARNUM, N.R. (1991). StatLab: a program for teaching statistics. *Teaching Statistics*, 13(2), 50-51.
- FISHER, R.A. (1924). The influence of rainfall on the yield of wheat at Rothamsted. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B123, 89-142.
- FISHER, R.A. (1935). *The design of experiments*. Edinburgo: Oliver and Boyd.

- FISHER, R.A. (1949) *Métodos estadísticos para investigadores*. Madrid: Aguilar, S.A. (Traducción del original en inglés "Statistical methods for research workers", 10ª edición, Edimburgo: Oliver and Boyd, Ltd.)
- FISHMAN, G.S. (1978). *Conceptos y métodos en la simulación digital de eventos discretos*. México: Limusa.
- FORSYTHE, G.E., MALCOM, M.A. Y MOLER, C.B. (1977). *Computer methods for mathematical computations*. Nueva York: Prentice-Hall.
- FOUTZ, R.V. (1980). A method for constructing exact tests from tests statistics that have unknow null distributions. *Journal of statistics and computer simulation*, 10, 187-193.
- FOUTZ, R.V. (1981). On the superiority of Monte Carlo tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 12, 135-137.
- FRANGOS, CH.C. (1987). An updated bibliography on the jackknife method. *Commun. Statist. - Theory Meth.*, 16(6), 1543-1584.
- FRANGOS, CH.C. Y SCHUCANY, W.R. (1990). Jackknife estimation of the bootstrap acceleration constant. *Computational Statistics and Data Analysis*, 9, 271-281.
- GAUSS 3.0 Reference Guide. (1992). Mupla Valley, WA: Aptech Systems, Inc.
- GEISSER, S. (1975). The predictive sample reuse method with applications. *Journal of the American Statistical Association*, 70, 320-328.
- GELFAND, A.E. Y SMITH, A.F.M. (1990). Sampling-based approaches to calculating marginal densities. *Journal of the American Statistical Association*, 85, 398-409.
- GEMAN, S. Y GEMAN, D. (1984). Stochastic relaxation, Gibbs distributions, and the Bayesian restoration of images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 6, 721-741.
- GENTLE, J.E. (1985). Monte Carlo methods. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 5, 612-617.
- GENTLEMAN, J.F. (1977). It's all a plot. Using interactive computer graphics in teaching statistics. *The American Statistician*, 31(4), 166-175.
- GLASS, G.V., PECKHAM, P.D. Y SANDERS, J.R. (1972). Consequences of failure to meet assumptions underlying the fixed effects analyses of variance and covariance. *Review of Educational Research*, 42, 237-288.

- GLEASON, J.R. (1988). Algorithms for balanced bootstrap simulations. *American Statistician*, 39, 314-315.
- GOLDSTEIN, R. (1988). Review of "EPISTAT (Version 3.3) and TRUE EPISTAT (Version 2.0)". *The American Statistician*, 42, 217-219.
- GOLDSTEIN, R. (1990). A review of resampling software for MS-DOS computers. *Proceedings of the Statistical Computing Section, American Statistical Association*, 217-222.
- GOODMAN, T. (1986). Using the microcomputer to teach statistics. *Mathematics Teacher*, 79, 210-215.
- GORDON, G. (1980). *Simulación de sistemas*. México: Editorial Diana, S.A.
- GORDON, T.J. Y HUNT, D.N. (1986). Teaching statistics with the aid of a microcomputer. *Teaching Statistics*, 8(3), 66-72.
- GRAHAM, R.L., HINKLEY, D.V., JOHN, P.W.M. Y SHI, S. (1987). *Balanced design of bootstrap simulations*. Technical Report 48, University of Texas at Austin, Mathematics Dept.
- GRAY, H.L. Y SCHUCANY, W.R. (1972). *The generalized jackknife statistic*. Nueva York: Marcel Dekker.
- GRAY, H.L., WATKINS, T.A. Y ADAMS, J.E. (1972). On the generalized jackknife, its expansions, and its relation to e_n -transformations. *Annals of Mathematical Statistics*, 43, 1-30.
- HALL, P. (1988a). On bootstrap and symmetric confidence intervals. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 50, 35-45.
- HALL, P. (1988b). Theoretical comparison of bootstrap confidence intervals (con discusión). *Annals of Statistics*, 16, 927-985.
- HALL, P. (1989a). On efficient bootstrap simulation. *Biometrika*, 76(3), 613-617.
- HALL, P. (1989b). Antithetic resampling for the bootstrap. *Biometrika*, 76, 435-446.
- HALL, P. (1992). *The bootstrap and Edgeworth expansion*. Nueva York: Springer-Verlag, Inc.
- HALL, P. Y MARTIN, M. (1988). On bootstrap re-sampling and iteration. *Biometrika*, 75(4), 661-671.

- HALL, P. Y JOHNSTONE, I. (1993). Empirical functionals and efficient smoothing parameter selection. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 54(2), 475-530.
- HALL, P. Y TITTERINGTON, D.M. (1989). The effect of simulation order on level accuracy and the power of Monte Carlo tests. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 51, 459-467.
- HALL, P. Y WILSON, S.R. (1991). Two guidelines for bootstrap hypothesis testing. *Biometrics*, 47, 757-762.
- HALL, P. Y WILSON, S.R. (1993). Response to "Bootstrap hypothesis testing procedures" of H. Becher. *Biometrics*, 49, 1271-1272.
- HAMILTON, M.A. Y COLLINGS, B.J. (1991). Determining the appropriate sample size for nonparametric tests for location shift. *Technometrics*, 3(33), 327-337.
- HAMMERSLEY, J.M. Y HANDSCOMB, D.C. (1964). *Monte Carlo methods*. Londres: Chapman and Hall.
- HARTIGAN, J.A. (1969). Using subsample value as typical values. *Journal of the American Statistical Association*, 64, 1303-1317.
- HAWRYSZKIEWYCZ, I.T. (1990). *Introducción al análisis y diseño de sistemas*. Madrid: Anaya Multimedia. (Traducción de la obra en inglés "Introduction to systems analysis and design", Prentice Hall of Australia Pty. Limited, 1988).
- HEWETT, T.T. (1988). The electronic spreadsheet as a professional productivity tool. Session X: computer use by psychology professionals. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 20(2), 231-235.
- HIGGO, J. (1993). Computers in the statistics curriculum. *Teaching Statistics*, 15(2), 57-59.
- HINKLEY, D.V. (1983). Jackknife methods. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 4, 280-287.
- HINKLEY, D.V. (1986). Bootstrap methods: efficiency and validity. Paper presented at *Second Catalan International Symposium on Statistics*. Barcelona, Septiembre.
- HINKLEY, D.V. (1988). Bootstrap methods. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 50(3), 321-337.

- HINKLEY, D.V. Y SCHECHTMAN, E. (1987). Conditional bootstrapping methods in the mean-shift model. *Biometrika*, 74.
- HINKLEY, D.V. Y SHI, S. (1989). Importance sampling and the nested bootstrap. *Biometrika*, 76, 435-446.
- HODGES, J.L.JR., KRECH, D. Y CRUTCHFIELD, R.S. (1975). *Statlab. An empirical introduction to statistics*. Nueva York: McGraw-Hill.
- HOEFFDING, W. (1951). A combinatorial central limit theorem. *Annals of Mathematical Statistics*, 22, 169-192.
- HOEFFDING, W. (1952). The large-sample power of tests based on permutations of observations. *Annals of Mathematical Statistics*, 23, 169-192.
- HOLLANDER, M. Y WOLFE, D.A. (1973). *Nonparametric statistical methods*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- HOLMES, P. (1990). Computer generated thinking. *Teaching Statistics*, 12(1), 25-26.
- HOLMES, S. (1990). Bootstrap: practical applications. *Seminario internacional: Il metodo statistico dei bootstrap: tecniche di ricampionamento dei dati*. Torino, 5-6 Noviembre.
- HOPE, A.C.A. (1968). A simplified Monte Carlo significance test procedure. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 30, 582-598.
- JAMSKI, W.D. (1981). Introducing probability with Monte Carlo methods. *School Science and Mathematics*, 81, 287-288.
- JAÑEZ, L. (Ed.) (1981). *Simulación en psicología*. Publicaciones del Departamento de Psicología Matemática. Madrid: Universidad Complutense.
- JÖEKEL, K.H. (1988). Interrelation between the bootstrap and Monte Carlo test procedures. *Statistical Software Newsletter*, 14, 35.
- JÖCKEL, K.H., ROTHE, G. Y SENDLER, W. (Eds.) (1990). *Bootstrapping and related techniques*. Proceedings de una conferencia internacional realizada en Trier, FRG, 4-8 de Junio de 1990. Nueva York: Springer-Verlag.
- JOHNS, M.V. (1988). Importance sampling for bootstrap confidence intervals. *Journal of the American Statistical Association*, 83, 709-714.
- JOHNSON, M.E. (1987). *Multivariate statistical simulation*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- KEMPTHORNE, O. Y DOERFLER, T.E. (1969). The behaviour of some significance tests under experimental randomization. *Biometrika*, 56, 123-148.
- KHAMIS, H.J. (1991). Manual computations -- A tool for reinforcing concepts and techniques. *American Statistician*, 45, 294-299.
- KLEIJNEN, J. Y VAN GROENENDAAL, W. (1992). *Simulation: a statistical perspective*. Nueva York: John Wiley & Soons, Ltd.
- KOSLOV, J.W. Y ENRIGHT, P.J. (1985). RANOVA, TTESTR, TTESTS: Randomization test programs. *The American Statistician*, 39, 314-315.
- KNUTH, D.E. (1981). *Seminumerical algorithms* (2ond ed.). Vol. 2. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley publishing company.
- LARSON, S.C. (1931). The shrinkage of the coefficient of multiple correlation. *Journal of Educational Psychology*, 22, 45-55.
- LEE, M.P. Y SOPER, J.B. (1985). Spreadsheets in teaching statistics. *The Statistician*, 34, 317-321.
- LEE, M.P. Y SOPER, J.B. (1986). Using spreadsheets to teach statistics in psychology. *Bulletin of the British Psychological Society*, 39, 365-367.
- LEHMANN, E.L. Y STEIN, C. (1949). On the theory of some nonparametric hypotheses. *Annals of Mathematical Statistics*, 20, 28-45.
- LEHMANN, E.L. (1993). The Fisher, Neyman-Pearson theories of testing hypotheses: one theory or two?. *Journal of the American Statistical Association*, 88(424), 1242-1249.
- LEPAGE, R. Y BILLARD, L. (Eds.) (1992). *Exploring the limits of bootstrap*. Wiley series in probability and mathematical statistics. Nueva York: John Wiley & Soons, Inc.
- LEWIS, P.A.W., Y ORAV, E.J. (1989). *Simulation methodology for statisticians, operations analysts, and engineers*. Vol. 1. Pacific Grove, California: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
- LOSILLA, J.M. (1991). *Técnicas de computación intensiva para la contrastación de hipótesis, el cálculo del error estadístico y la estimación de parámetros*. Proyecto de investigación. Departamento de Psicología de la Salud. Universidad Autónoma de Barcelona. Puede obtenerse del autor, Ap. Correos 40, Bellaterra 08193.

- LUNNEBORG, C.E. (1985). Estimating the correlation coefficient: the bootstrap approach. *Psychological Bulletin*, 98, 209-215.
- LUNNEBORG, C.E. (1986). Confidence intervals for a quantile contrast: application of the bootstrap. *Journal of Applied Psychology*, 71, 415-456.
- LUNNEBORG, C.E. (1987). *Bootstrap applications*. (Puede obtenerse de C.E. Lunneborg, Department of Psychology (NI-25), University of Washington, Seattle, WA 98195).
- LUNNEBORG, C.E. (1988). Bootstrap applications for the behavioral sciences. *The American Statistician*, 42, 86.
- MAHMOUD, E. Y DAVIDSON, T.A. (1985). Interactive statistical programs: a comprehensive tool for teaching statistics. *American Statistician*, 39, 140.
- MAMMEN, E. (1992). *When does bootstrap work?. Asymptotic results and simulations*. Lecture notes in statistics. Nueva York: Springer-Verlag, Inc.
- MANLY, B.F.J. (1991). *Randomization and Monte Carlo Methods in biology*. Londres: Chapman and Hall.
- MANLY, B.F.J. (1991). *RT: a program for randomization testing. Version 1.01*. Cheyenne, WY: Western EcoSystems Technology, Inc.
- MARRIOTT, F.H.C. (1979). Barnard's Monte Carlo tests: how many simulations?. *Applied Statistics*, 28(1), 75-77.
- MARRON, J.S. (1993). Bootstrap bandwidth selection (I, II y III). *International seminar on bootstrap methods*. Santiago de Compostela, 6-8 de Septiembre.
- MATLAB. Reference Guide*. (1992a). Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- MATLAB. User's Guide*. (1992b). Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- MATLAB. External interface guide*. (1993a). Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- MATLAB. Building a graphical interface*. (1993b). Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- MCCARTHY, P.J. (1965). Stratified sampling and distribution-free confidence intervals for a median. *Journal of the American Statistical Association*, 60, 772-783.
- MCCARTHY, P.J. (1976). The use of balanced half-sample replication in cross-validation studies. *Journal of the American Statistical Association*, 71, 596-604.

- MICCERI, T. (1989). The unicorn, the normal curve, and other improbable creatures. *Psychological Bulletin*, 155, 155-166.
- MILLER, R.G. (1974). The jackknife - a review. *Biometrika*, 61(1), 1-15.
- MIHRAM, G.A. (1986). Artificial intelligence, statistical computation, and simulation methodology: distinctions and likenesses. *ASA Proceedings of Statistical Computing Section*, 125-129.
- MIHRAM, G.A. (1991). How science appraises both simulation methodology and the bootstrapping technique. *ASA Proceedings of Statistical Education Section*, 127-132.
- MOONEY, CH.Z. Y DUVAL, R.D. (1993). *Bootstrapping: a nonparametric approach to statistical inference*. Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc.
- MORGAN, B.J.T. (1984). *Elements of simulation*. Londres: Chapman and Hall.
- MORRELL, B.J. Y COLLINGS, B.J. (1991). The effect of resample size on the estimated power of a test. *ASA Proceedings of Statistical Computing Section*, 218-223.
- MOSTELLER, F. Y TUKEY, J.W. (1977). *Data analysis and regression*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- MOSTELLER, F. Y WALLACE, D.L. (1963). Inference in an authorship problem. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 275-309.
- MOULTON, L.H. (1991). Bootstrapping generalized linear models. *Computational Statistics and Data Analysis*, 13, 21-32.
- MULLINS, E. Y STUART, M. (1992). Simulation as an aid in practical statistical problem-solving. *The Statistician*, 41, 17-26.
- NAYLOR, T.H., BALINTFY, J.L., BURDICK, D.S. Y CHU, K. (1982). *Técnicas de simulación en computadoras*. México: Editorial Limusa.
- NEAVE, H.R. (1982). Teaching hypothesis-testing by simulation. *Bulletin in Applied Statistics*, 9, 37-40.
- NOETHER, G.E. (1949). On a theorem by Wald and Wolfowitz. *Annals of Mathematical Statistics*, 20, 455-458.
- NOREEN, E. (1989). *Computer intensive methods for testing hypotheses*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.

- NORUSIS, M.J. (1980). The SCSS conversational system. *The American Statistician*, 34(4), 247-248.
- ODEN, N.L. (1991). Allocation of effort in Monte Carlo simulation for power of permutation tests. *Journal of the American Statistical Association*, 86, 1074-1076.
- OGBONMWAN, S.M. Y WYNN, H.P. (1986). Resampling generated likelihoods. In S. Gupta and J. Berger (eds.), *Proceedings of the Fourth Purdue Symposium on Decision Theory*, Vol 1. New York: Springer-Verlag.
- PARK, S.K. Y MILLER, K.W. (1988). Random number generators: good ones are hard to find. *Communications A.C.M.*, 32(10), 1192-1210.
- PARR, W.C. Y SCHUCANY, W.R. (1980). The jackknife: a review. *International Statistical Review*, 48, 73-78.
- PATON, R. (1990). Can statistics be rescued from mathematics?. *Teaching Statistics*, 12(3), 66-68.
- PEARSON, E.S. (1937). Some aspects of the problem of randomization. *Biometrika*, 29, 53-64.
- PÉLADEAU, N. Y LACOUTURE, Y. (1993). SIMSTAT: Bootstrap computer simulation and statistical program for IBM personal computers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 25(3), 410-413.
- PICARD, R.R. Y COOK, R.D. (1984). Cross-validation of regression models. *Journal of the American Statistical Association*, 79(387), 575-583.
- PICARD, R.R. Y BERK, K.N. (1990). Data splitting. *The American Statistician*, 44(2), 140-147.
- PITMAN, E.J.G. (1937a). Significance tests which may be applied to samples from any population. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Supplement 4*, 119-130.
- PITMAN, E.J.G. (1937b). Significance tests which may be applied to samples from any population. II. The correlation coefficient test. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Supplement 4*, 225-232.
- PITMAN, E.J.G. (1937c). Significance tests which may be applied to samples from any population. III. The analysis of variance test. *Biometrika*, 29, 322-335.

- PRESS, W.H., FLANNERY, B.P., TEUKOLSKY, S.A. Y VETTERLING, W.T. (1989). *Numerical Recipes. The art of scientific computing (Fortran Version)*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- QUENOUILLE, M.H. (1949). Approximate tests of correlation in time series. *Journal of the Royal Statistical Society - Series B*, 11, 68-84.
- QUENOUILLE, M.H. (1956). Notes on bias in estimation. *Biometrika*, 43, 353-360.
- RAO, J.N.K. Y WU, C.F.J. (1988). Resampling inference with complex survey data. *Journal of the American Statistical Association*, 83, 231-241.
- RASMUSSEN, J.L. (1987a). Estimating correlation coefficients: bootstrap and parametric approaches. *Psychological Bulletin*, 101, 136-139.
- RASMUSSEN, J.L. (1987b). Parametric and bootstrap approaches to repeated measures designs. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 19(4), 357-360.
- RASMUSSEN, J.L. (1988). Bootstrap confidence intervals: good or bad?: comments on Efron (1988) and Strube (1988) and further evaluation. *Psychological Bulletin*, 104(2), 297-299.
- RASMUSSEN, J.L. (1989). Computer-intensive correlational analysis: bootstrap and approximate randomization techniques. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 43, 103-111.
- RICKETTS, CH. Y BERRY, J. (1994). Teaching Statistics through resampling. *Teaching Statistics*, 16(2), 41-44.
- RÍOS, S. (1967). *Métodos estadísticos*. Madrid: Ediciones del Castillo, S.A.
- RIPLEY, B.D. (1987). *Stochastic simulation*. Wiley series in probability and mathematical statistics. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- ROBINSON, J. (1987). Nonparametric confidence intervals in regression: the bootstrap and randomization methods. En M.L. Puri, J.P. Vilaplana y W. Wertz: *New perspectives in theoretical and applied statistics*. Nueva York: John Wiley & Soons, Inc.
- ROMANO, J.P (1989). Bootstrap and randomization tests of some nonparametric hypotheses. *The Annals of Statistics*, 17, 141-159.
- ROOS, S.S. (1988). *Spreadstat*. Nueva York: McGraw-hill.

- ROSEBERY, A.S. Y RUBIN, A. (1990). Teaching statistical reasoning with microcomputers. *Teaching Statistics*, 12(2), 38-42.
- ROUANET, H., BERNARD, J.M. Y LECOUTRE, B. (1986). Nonprobabilistic statistical inference: a set-theoretic approach. *The American Statistician*, 40(1), 60-65.
- RUBINSTEIN, R.Y. (1981). *Simulation and the Monte Carlo method*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- SÁNCHEZ, A. (1990a). *Teoria asimptòtica pel bootstrap*. Manuscrito no publicado.
- SÁNCHEZ, A. (1990b). Efficient bootstrap simulation: an overview. *Qüestió*, 14(1), 43-88.
- SÁNCHEZ, A. (1990c). *Intervals de confiança bootstrap*. Manuscrito no publicado.
- SCHEFFÉ, H. (1943). Statistical inference in the non-parametric case. *Annals of Mathematical Statistics*, 305-332.
- SCHENKER, N. (1985). Qualms about bootstrap confidence intervals. *Journal of the American Statistical Association*, 80, 360-361.
- SCHUCANY, W.R., GRAY, H.L. Y OWEN, D.B. (1971). On bias reduction in estimation. *Journal of the American Statistical Association*, 66, 524-533.
- SEARLE, S.R. (1989). Statistical computing packages: some words of caution. *The American Statistician*, 43, 189-190.
- SHAO, J. (1993). Linear model selection by cross-validation. *Journal of the American Statistical Association*, 88(422), 486-484.
- SHAO, J. Y WU, C.F.J. (1989). A general theory for jackknife variance estimation. *The Annals of Statistics*, 17, 1176-1197.
- SHI, S.G. (1992). Accurate and efficient double-bootstrap confidence limit method. *Computational Statistics and Data Analysis*, 13, 21-32.
- SIEGEL, S. (1956). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. Nueva York: McGraw-Hill.
- SILVERMAN, B.W. Y YOUNG, G.A. (1987). The bootstrap: to smooth or not to smooth?. *Biometrika*, 74(3), 469-479.
- SIMON, J.L. (1969). *Basic research methods in social science: the art of empirical investigation*. (3ª ed. con P. Burstein, 1985). Nueva York: Random House.

- SIMON, J.L. (1991). *Resampling: probability and statistics a radically different way*. Puede obtenerse de "Resampling Project", College of Business, University of Maryland, College Park, MD 20742.
- SIMON, J.L., ATKINSON, D.T. Y SHEVOKAS, C. (1976). Probability and statistics: experimental results of a radically different teaching method. *American Mathematical Monthly*, 83, 733-739.
- SIMON, J.L. Y BRUCE, P.C. (1991a). Resampling: a tool for everyday statistical work. *Chance, New Directions for Statistics and Computers*, 4(1), 22-32.
- SIMON, J.L. Y BRUCE, P.C. (1991b). Comments on "Resampling with more care" by Boomsma and Molenaar. *Chance, New Directions for Statistics and Computers*, 4(4), 30-31 y 40.
- SIMON, J.L. Y BRUCE, P.C. (1992). *Resampling Stats. User Guide*. Arlington, VA: Resampling Stats, Inc.
- SIMON, J.L. Y HOLMES, A. (1969). A really new way to teach probability and statistics. *The Mathematics Teacher*, 62, 283-288.
- SINGH, K. (1981). On the asymptotic accuracy of Efron's bootstrap. *Annals of Statistics*, 9, 1187-1195.
- STARK, H. Y WOODS, J.W. (1994) (2ª ed.). *Probability, random processes, and estimation theory for engineers*. Nueva York: Prentice-Hall.
- STENT, A.F. Y MCALEVEY, L.G. (1991). The stochastic spreadsheet: a new teaching dimension. *The Statistician*, 40, 409-413.
- SPRENT, P. (1989). *Applied nonparametric statistical methods*. Londres: Chapman and Hall Ltd.
- STIGLER, S.M. (1978). Mathematical statistics in the early states. *Annals of Statistics*, 6, 239-265.
- STINE, R.A. (1985). Bootstrap prediction intervals for regression. *Journal of the American Statistical Association*, 80, 1026-1031.
- STINE, R.A. (1990). An introduction to bootstrap methods. *Sociological Methods and Research*, 18, 243-291.
- STONE, M. (1974). Cross-validatory choice and assessment of statistical predictions (con discusión). *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 36, 111-147.

- STONE, M. (1977). Asymptotic for and against cross-validation. *Biometrika*, 64, 29-35.
- STRUBE, M.J. (1988). Bootstrap Type I error rates for the correlation coefficient: an examination of alternate procedures. *Psychological Bulletin*, 104(2), 290-292.
- TANIS, E.A., DERSHEM, A. Y LEE, A. (1992). A statistics laboratory: synergism between simulation and theory. *Stats. The Magazine for Students of Statistics*, 8, 8-11.
- THE MATHWORKS, INC. (1993). *Using MATLAB in the classroom*. Nueva York: Prentice-Hall.
- THE MATHWORKS, INC. (1994). *MATLAB-based books for use with MATLAB, MATLAB Toolboxes, and SIMULINK*. Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- THERENEAU, T.M. (1983). *Variance reduction techniques for the bootstrap*. Tesis doctoral, Departamnt of Statistics, Stanford University.
- THISTED, R.A. (1988). *Elements of statistical computing. Vol 1: numerical computation*. Nueva York: Chapman and Hall.
- TIBSHIRANI, R.J. (1988a). Discussion of DiCiccio y Romano "A review of bootstrap confidence intervals". *Jornal of the Royal Statistical Society, Series B*, 50, 362-363.
- TIBSHIRANI, R.J. (1988b). Variance stabilization and the bootstrap. *Biometrika*, 75(3), 433-444.
- TRAVERS, K.J. (1981). The Monte Carlo method: a fresh approach to teaching probabilistic concepts. *Mathematics Teacher*, 74, 327-334.
- TRICOT, M.L. (1989). Randomization tests in ANOVA: a practical approach. *Computational Statistics and Data Analysis*, 8, 67-74.
- TUCKEY, J.W. (1958). Bias and confidence in not quite large samples (Abstract). *Annals of Mathematical Statistics*, 29, 614.
- WALTON, K.D. (1990). Probability, computer simulation, and mathematics. *Mathematics Teacher, Enero*, 22-25.
- WATTS, D.G. (1991). Why is introductory statistics difficult to learn? And what can we do to make it easier?. *American Statistician*, 45, 35-38.

- WESTFALL, P.H. Y YOUNG, S.S. (1993). *Resampling-based multiple testing. Examples and methods for p-value adjustment*. Nueva York: John Wiley & Soons, Inc.
- WHARENDORF, J., BECHER, H. Y BROWN, C.C. (1987). Bootstrap comparison of non-nested generalized linear models: applications in survival analysis and epidemiology. *Applied Statistics*, 36, 72-81.
- WILLEMAN, T.R. (1994). Bootstrap on a shoestring: resampling using spreadsheets. *The American Statistician*, 48(1), 40-42.
- WOOD, M. (1992). Using spreadsheets to make statistics easier for novices. *Computers Education*, 19(3), 229-235.
- WU, C.F.J. (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis (con discusión). *Annals of Statistics*, 4, 1261-1294.
- ZIMMERMAN, G.J. Y SHAVILK, G.W. (1987). Simulation as an aid to understanding statistical concepts. *ASA Proceedings of Statistical Education Section*, 110.

A.1. ALGORITMO DEL MANDATO ICBBCA

```

function [icb,dmb] = icbbca(x,B,cEstad,alpha,a,nBalance,nDib,nHist,nTpo);
%ICBBCa - IC bootstrap según método BCa (corrección acelerada del sesgo)
%
%   Sintaxis: icbbca(X,B,cEstad,[alpha/2,a,nBalance,nDib,nHist,nTpo])
%
%   cEstad:
%       debe escribir la llamada a la función que calcula el
%       estadístico entre comillas simples, utilizando el carácter
%       # (ventana) para representar la matriz de datos sobre la
%       cual desea calcular el estadístico.
%       Ejemplos: 'mean(#)', 'mhampel(#, 1.7, 3.4, 8.5)', etc.
%
%   alpha/2:
%       precisión unilateral del intervalo de confianza
%
%   a:
%       constante de aceleración
%
%   nBalance:
%       0 : remuestreo con reposición
%       1 : remuestreo con reposición balanceado
%   nDib:
%       -1 : sin mostrar histograma
%       0 : histograma al final del remuestreo
%       >0 : histograma cada b remuestras
%   nHist:
%       >10 : número de intervalos de clase para el histograma
%   nTpo:
%       0 : sin mostrar el tiempo empleado
%       1 : mostrar el tiempo empleado

```

Continúa ...

```

%      Algoritmo de remuestreo con reposición balanceado:
%      Gleason,J.R. (1988). "Algorithms for balanced bootstrap
%      simulations". The American Statistician, 42(4), 263-266.

if nargin < 3
    error('Faltan argumentos. Consulte la sintaxis.');
```

return

```
end

if length( x ) <= 1
    error('El argumento 1 debe ser un vector columna.');
```

return

```
end

if length( B ) > 1
    error('El argumento 2 debe ser el número de remuestreos.');
```

return

```
end

% Especificación del estadístico
if ~isstr(cEstad)
    error('El argumento 3 debe ser una cadena. Consulte la sintaxis.');
```

return

```
else
    estim = NaN;
    estim = eval(strrep(lower(cEstad),'#','x'));
    if estim == NaN
        error('El estadístico indicado no es correcto. Consulte la sintaxis.');
```

return

```
end
end

if nargin < 4
    alpha = 0.025;
else
```

Continúa ...

```

if length( alpha ) > 1
    error('El argumento 4 debe ser un valor ]0,1]. Consulte la sintaxis.');
```

```

    return
else
    if alpha <= 0 | alpha > 1
        error('El argumento 4 debe ser valor ]0,1]. Consulte la sintaxis.');
```

```

        return
    end
end
end

if nargin < 5
    a = 0;
else
    if length( a ) > 1
        error('El argumento 5 debe ser un escalar. Consulte la sintaxis.');
```

```

        return
    end
end

if nargin < 6
    nBalance = 0;
else
    if length( nBalance ) > 1
        error('El argumento 6 debe ser un escalar. Consulte la sintaxis.');
```

```

        return
    else
        if nBalance ~= 0
            nBalance = 1;
        end
    end
end

if nargin < 7
    nDib = 0;

```

Continúa ...

```

else
    if length( nDib ) > 1
        error('El argumento 7 debe ser un escalar. Consulte la sintaxis.');
```

return

```

    else
        if nDib < 0
            nDib = -1;
        elseif nDib > B
            nDib = B;
        end
    end
end
end

if nargin < 8
    nHist = 50;
else
    if length( nHist ) > 1
        error('El argumento 8 debe ser un escalar. Consulte la sintaxis.');
```

return

```

    else
        if nHist < 50
            nHist = 50;
        end
    end
end
end

if nargin < 9
    nTpo = 0;
else
    if length( nTpo ) > 1
        nTpo = 1;
    else
        if nTpo ~= 0
            nTpo = 1;
        end
    end
end

```

Continúa ...

```

    end
end

[f,cols] = size(x);
if f == 1
    x = x';
    [f,cols] = size(x);
end

% Valor z criterio
zalpha = distinv('Normal',1-alpha,0,1);

% Inicialización del algoritmo de balanceo
if nBalance
    c = zeros(B,1);
    p = c;
    M = 2^31 - 1;
    for j = 1:f,
        c(j) = B;
        p(j) = j;
    end
    k = f;
    J = k;
    C = B;
    t = C/M;
end

% Inicialización de los controles de pantalla
if nDib > -1
    cRemuestras = int2str(B);
    set(gcf,'Units','normal','Position',[0.005 0.1 .99 .9]);
    drawnow;
    KeyPressFcn = ['if abs(get(' int2str(gcf) ...
                    ','CurrentChar'))==13 | abs(get(' int2str(gcf) ...
                    ','CurrentChar'))==27, delete(gcf); end'];

```

Continúa ...

```

set(gcf,'Name',['IC bootstrap para "' cEstad '" : Método percentil'],...
    'NumberTitle','off',...
    'MenuBar','none',...
    'KeyPressFcn',KeyPressFcn);
hhist = axes('Position',[.1 .3 .8 .6]);
ho = uicontrol('Style','text',...
    'Position',[.1 .16 .3 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Visible','on');
set(ho,'String',['Valor muestral: ' num2str(estim)]);
hn = uicontrol('Style','text',...
    'Position',[.1 .12 .3 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Visible','on');
set(hn,'String',['Tamaño muestral: ' int2str(f)]);
hbal = uicontrol('Style','text',...
    'Position',[.5 .03 .4 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','right',...
    'Visible','on');
if nBalance
    set(hbal,'String','Remuestreo con reposición balanceado');
else
    set(hbal,'String','Remuestreo con reposición');
end

```

Continúa ...

```

hsalir = uicontrol('Style','Pushbutton',...
    'Position',[.1 .03 .15 .05],...
    'Units','normalized',...
    'Callback','close(gcf);',...
    'String','Salir');
drawnow;
hic = uicontrol('Style','text',...
    'Position', [.35 .2 .3 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'Visible','on');
hrem = uicontrol('Style','text',...
    'Position', [.5 .9 .4 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','right',...
    'Visible','on');
hestim = uicontrol('Style','text',...
    'Position', [.6 .16 .3 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','right',...
    'Visible','on');
hsesgo = uicontrol('Style','text',...
    'Position', [.6 .12 .3 .035],...
    'Units','normalized',...
    'BackgroundColor','black',...
    'ForegroundColor','white',...
    'HorizontalAlignment','right',...
    'Visible','on');

```

Continúa ...


```

if nTpo
    htpo = uicontrol('Style','text',...
                    'Position', [.1 .9 .4 .035],...
                    'Units','normalized',...
                    'BackgroundColor','black',...
                    'ForegroundColor','white',...
                    'HorizontalAlignment','left',...
                    'Visible','on');

    end
    contador = 0;
end

% Momento inicial para cálculo de tiempo total de ejecución
if nTpo
    tpo = clock;
end

% Pre-dimensionado del vector de remuestreo
kb = zeros(f,cols);

% Transformación de la cadena cEstad para que utilice el vector kb
cEstad = strrep(lower(cEstad), '#', 'kb');

% Remuestreo
for b = 1:B,

    if nBalance
        % Muestreo con reposición balanceado
        for i = 1:f,
            while 1,
                s = ceil( rand(1,1)*(M-1) );
                j = 1+rem(s,k);
                if ( s*t <= c(j) );
                    break;
                end
            end
        end
    end
end

```

Continúa ...

```

l = p(j);
c(j) = c(j) - 1;
if (j == J)
    if (C-c(J)) > fix((B-b+k)/k)
        for ii = 1:k,
            if (c(ii) > c(J))
                J = ii;
            end
        end
        C = c(J);
        t = C/M;
    end
end
if (c(j) == 0)
    if (J==k)
        J = j;
        p(j) = p(k);
        c(j) = c(k);
        k = k - 1;
    end
end
%Se elige el elemento x(l,:)
kb(i,:) = x(l,:);
end
else
    % Muestreo con reposición directo
    kb = resample(x,1);
end

% Obtención del estadístico
dmb(b) = eval( cEstad );

if nDib > -1
    set(hrem,'String',['Remuestra ' int2str(b) ' de ' cRemuestras]);
    contador = contador + 1;
end

```

Continúa ...


```

if contador == nDib
    if nTpo
        set(htpo,'String',['Tiempo transcurrido: '...
            int2str(etime(clock,tpo)) ' seg.']);
    end
    axes(hhist);
    hist(dmb,nHist);
    drawnow;
    zestim = distinv('Normal', length(find(dmb<=estim))/i,0,1);
    bcinf = distcdf('Normal',...
        zestim+((zestim-zalpha)/(1-a*(zestim-zalpha))), 0, 1 );
    bcsup = distcdf('Normal',...
        zestim+((zestim+zalpha)/(1-a*(zestim+zalpha))), 0 , 1 );
    icb = prctile(dmb,[bcinf*100 bcsup*100]);
    set(hic,'String',['IC ' int2str((1-2*alpha)*100) '%: ' ...
        num2str(icb(1)) ' - ' num2str(icb(2))]);
    set(hestim,'String',['Estimador: ' num2str(mean(dmb))]);
    set(hsesgo,'String',['Sesgo: ' num2str(mean(dmb)-estim)]);
    contador = 0;
end
end

end

if nDib <= -1
    contador = 1;
end
if contador > 0
    zestim = distinv('Normal', length(find(dmb<=estim))/i,0,1);
    bcinf = distcdf('Normal',...
        zestim+((zestim-zalpha)/(1-a*(zestim-zalpha))), 0, 1 );
    bcsup = distcdf('Normal',...
        zestim+((zestim+zalpha)/(1-a*(zestim+zalpha))), 0 , 1 );
    icb = prctile(dmb,[bcinf*100 bcsup*100]);
end

```

Continúa ...


```

if nDib > -1
  if contador > 0
    if nTpo
      set(htpo,'String',['Tiempo transcurrido: '...
        int2str(etime(clock,tpo)) ' seg.']);
    end
    axes(hhist);
    hist(dmb,nHist);
    drawnow;
    set(hic,'String',['IC ' int2str((1-2*alpha)*100) '%: ' ...
      num2str(icb(1)) ' - ' num2str(icb(2))]);
    set(hestim,'String',['Estimador: ' num2str(mean(dmb))]);
    set(hsesgo,'String',['Sesgo: ' num2str(mean(dmb)-estim)]);
  end
else
  if nTpo
    disp(' ');
    disp(['Tiempo transcurrido: ' int2str(etime(clock,tpo)) ' seg.']);
  end
end
end

```



