

SOFTWARE



<https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1522>

## STIMA 2.1 (nueva versión) para estimar parámetros estadísticos por el Método Bootstrap en investigaciones agropecuarias

### *STIMA 2.1 (New Version) to Estimate Statistical Parameters by the Bootstrap Method in Agricultural Research*

MSc. José Antonio Pino-Roque<sup>1</sup>, Dr.C. Mayra Arteaga-Barrueta, Dr.C. Lucía Fernández-Chuairey,  
MSc. Yasmany Vicente-Felipe, Dr.C. Daymara Rodríguez-Alfonso, Est. René Lázaro Collado-Arteaga  
Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN:** Dentro de los problemas fundamentales de la Estadística está la estimación de parámetros de poblaciones. En ocasiones, los investigadores cuentan con pequeños tamaños de muestras para sus experimentos, es aquí donde el método *bootstrap* aporta una solución a la problemática planteada para la estimación de parámetros de la población. Es objetivo del colectivo de investigadores implementar una nueva versión del sistema STIMA (versión 2.1) para dispositivos móviles y que sea de fácil manejo, que cumpla con los requerimientos del método autodocimante, y que aporte una solución para estimar parámetros *bootstrap* en investigaciones agropecuarias, reflejando una adecuada exactitud en las inferencias que se realizan por esta vía. Los usuarios de esta herramienta digital han expresado un 100% de satisfacción con su empleo.

**Palabras clave:** Método autodocimante, intervalos de confianza, estadística inferencial, investigaciones agropecuarias.

**ABSTRACT:** The estimate of population's parameters is inside the fundamental problems of the Statistics. In occasions, the researchers have small sizes of samples for the experiments, it is here where the bootstrap method contributes a solution to the problem outlined for the estimate of the population's parameters. It is objective of the community of researchers to implement a new version of the system STIMA (version 2.1) for mobile devices being of easy handling and that fulfills the requirements of this method, contributing to a solution to estimate bootstrap parameters in agricultural researches, reflecting an appropriate accuracy in the inferences that are carried out this way. The users of this digital tool have expressed 100% of satisfaction with its employment.

**Keywords:** Bootstrap Method, Confidence Interval, Inference Statistical, Agricultural Researches.

## INTRODUCCIÓN

Se considera que uno de los problemas fundamentales de la Estadística es la estimación de parámetros de poblaciones. En ocasiones, los investigadores cuentan con pequeños tamaños de muestras para sus experimentos. El objetivo fundamental de la estimación es obtener un conocimiento de cierto aspecto de la población sobre el cual se desconocen las características

fundamentales (Cue *et al.*, 1987b; 1987a). A menos que se conozcan los parámetros, no se puede conocer la bondad de la estimación que alcanza un parámetro con un estadígrafo muestral; hay que conformarse con saber lo bueno que es ese estimativo en promedio, esto es, saber lo bien que se comporta en un muestreo repetitivo, o saber cuántos valores muestrales

<sup>1</sup> Autor para correspondencia: José Antonio Pino-Roque, e-mail: [pino@unah.edu.cu](mailto:pino@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9728-6700>

**Recibido:** 13/02/2021.

**Aprobado:** 12/11/2021.

se pueden esperar que caigan dentro de un intervalo dado en torno al parámetro (Guerra *et al.*, 2006).

En 1979 Bradley Efron Efron *et al.* (1993), crea un método denominado Bootstrap, traducido como “autodocimante”, de muy sencilla descripción, pero imposible de utilizar 35 años atrás por la carencia de máquinas computadoras como las de hoy en día, y el gran volumen de cálculo que se debe utilizar. Bradley Efron es ganador del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ciencias Básicas. Su método estadístico ha incrementado la utilidad y la eficacia de la Estadísticas Matemática como herramienta útil para todas las disciplinas científicas. Según (Freixa *et al.*, 1992) el método Bootstrap es una revisión y mejora del método Jackknife; donde al utilizar el error estándar bootstrap se pueden construir intervalos de confianza para estimar un parámetro poblacional. (Navarro, 2016) considera al Bootstrap como un método estadístico joven muy útil para analizar datos.

No hay elementos para afirmar que en Cuba hay una aplicación informática (para PC o dispositivos móviles) que se comercialice y que haga uso extensivo del método intensivo por ordenador Bootstrap para estimar parámetros en las investigaciones agropecuarias. (Bravo, 2010), hace referencias a varios investigadores que emplean este método estadístico en sus trabajos, y refiere como a nivel internacional, es más creciente cada día su uso y aplicación en las diferentes investigaciones científicas. Es por ello, que este trabajo tiene como objetivo implementar una nueva versión del sistema STIMA para dispositivos móviles y que sea de fácil manejo, que cumpla con los requerimientos del método autodocimante, y que aporte una solución para estimar parámetros bootstrap en investigaciones agropecuarias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para facilitar el procesamiento de la información a través del método Bootstrap se confeccionó la versión STIMA 2.1. Se tuvo en cuenta la descripción gráfica del método autodocimante que propone (Pino *et al.*, 2007; 2008) y un diagrama de transición de estados elaborado para la obtención de STIMA (versión 1.0), programado en lenguaje Borland Delphi sobre plataforma Windows, con un compilador que genera aplicaciones de tipo cliente/servidor de 32/64 bits que brinda grandes facilidades para el desarrollo de propósitos generales, utilizando una programación visual basada en una metodología orientada (Jöckel *et al.*, 1992; Coplien, 1998). En la nueva versión, se emplea el lenguaje de programación Java en su versión 7 para Androide Studio, lenguaje de séptima generación con un compilador que genera aplicaciones de tipo cliente/servidor que brinda grandes facilidades para el desarrollo de propósitos generales. La apk obtenida tiene una página de inicio donde se identifica la aplicación desarrollada. Como requerimiento mínimo se exige que sea ejecutable a partir de Androide 5.0.

La versión STIMA 2.1 cuenta con un grupo de opciones que proporciona un manejo de trabajo cómodo:

- En la opción de **Ayuda** (Figura 1), el usuario podrá activar **Instrucciones** (sobre el manejo del sistema; **Boostrtap** (aspectos importantes relacionados con el método estadístico)

y **Acerca de...** (Informaciones generales sobre los autores).

- En la opción **Ejecutable** (Figura 2) se solicita el **Valor bootstrap** (para estabilizar el error estándar Pino, et; al, 2007 hace recomendaciones al respecto con 10 000 y 100 000 para tamaños de muestra 10; y Bravo, et; al, 2013 recomienda utilizar 200 para tamaños de muestra 3) y los elementos que conforman la **Muestra** (de forma horizontal cada valor con un espacio entre sí). Se activa los **Resultados** de la estimación bootstrap (Figura 3) y se obtiene los resultados previstos y una **Gráfica** (opcional) que permite visualizar la población bootstrap de trabajo (Figura 4).
- En la opción de **Ver resultados** (Figura 5) en dependencia del Valor bootstrap declarado, se pueden observar los estadígrafos por muestras bootstrap (cada 100 valores declarados).
- En la opción **Salir** el usuario podrá salir del sistema.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Sistema STIMA 2.1, brinda la posibilidad de obtener los estimadores más importantes de los parámetros poblacionales como son media bootstrap ( $\bar{x}_{BOOT}$ ), varianza bootstrap ( $s_{BOOT}^2$ ), desviación estándar bootstrap (SBOOT), coeficiente de variación bootstrao ( $cv_{BOOT}$ ), e intervalos de confianza para estimar la media, utilizando el Método Intensivo por Ordenador Bootstrap.

Se ha empleado en diferentes investigaciones de las cuales se tenían sus bases de datos registradas (Pino *et al.*, 2003; 2019), que requerían estimar parámetros poblacionales con pequeños tamaños de muestra:

- Tiempo (en minutos) de llenado de un tráiler con cañas de azúcar según el rendimiento del campo para 14 t/ha; 53 t/ha y 58 t/ha.
- Rendimiento de descarga de la combinada KTP-2 para 49 t/ha; 53 t/ha y 63 t/ha.
- Peso al destete (PD) y peso final (PF), en kilogramos, para la producción porcina correspondiente a razas de tres genotipos maternos terminales: Yorkshire x Landrace (YL), Yorkshire x Duroc (YD) y Duroc x Hampshire (DH); alimentadas con dietas de alta proporción de productos y subproductos nacionales.
- Pesaje de leche (en litros) en la primera lactancia (producción bovina) correspondiente a vacas de la raza Holstein Negro.
- Altura y diámetro de espigas, número de flores, y diámetro de los tabacos de las flores en gladiolos de diferentes colores a los cuales se les aplicó un bioestimulante nacional (Liplant).
- Como implementación de la nueva versión del STIMA 2.1, se procesaron datos estadísticos que requerían de la aplicación de este método autodocimante, en dos investigaciones del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”:
- Variables morfológicas de coeficiente de multiplicación, número de brotes, altura de las plantas y ancho de las hojas de las plantas micropropagadas del híbrido cubano de piña CBCE 116 (*Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merrill). Se contaba con una muestra pequeña de 10 plantas obtenidas en el laboratorio. Las estimaciones realizadas a partir de valor

bootstrap 10 000, proporcionaron estimadores bootstrap de referencias para el equipo de trabajo.

- Variables morfológicas coeficiente de multiplicación, número de hojas y número de brotes de la *Leucocroton havanensis* Borhidi (L.) especie hiperacumuladora de níquel (Ni) endémica de Cuba. Se contaba con una muestra pequeña de 9 plantas obtenidas en el laboratorio. Las estimaciones realizadas a partir de valor bootstrap 10 000, proporcionaron estimadores bootstrap de referencias para el equipo de trabajo.

Para evaluar el uso de la nueva versión del sistema, se aplica una encuesta a los 12 profesores e 9 investigadores que utilizaron el sistema STIMA 2.1 en sus indagaciones científicas. Se obtienen los siguientes resultados:

- El 100% plantea un diseño agradable y fácil de manipular. Dan criterios de agradecimiento por esta nueva versión sobre un ambiente de androide.
- El 100% de los usuarios tenían conocimientos sobre el método estadístico (bootstrap), pero no lo habían empleado utilizando una apk.
- El 95,24% considera que la ayuda que se brinda es necesaria, y que motiva al usuario para hacer búsquedas sobre los métodos intensivos (para hacer estimaciones).

- El 100% considera que las instrucciones proponen un algoritmo de trabajo que dan facilidades para el manejo de la apk.
- El 38,10% de los usuarios consideran que la pestaña de gráfico (opcional) no es necesaria para el trabajo de estimación.
- El 76,19% de los usuarios habían trabajado con STIMA 1.0 y consideran que la nueva versión brinda la oportunidad de realizar estimaciones bootstrap por intervalos de confianza tan valorada por investigadores del campo agrícola.
- El 100% expresa satisfacción con el empleo del mismo sistema STIMA 2.1.

## CONCLUSIONES

- La implementación de una nueva versión de STIMA (2.1), cumple con los requerimientos del método creado por Bradley Efron, siendo un sistema de fácil manejo para androide, que puede ser utilizado para estimar parámetros  $(\bar{x}_{BOOT}, S_{BOOT}^2, S_{BOOT}, CV_{BOOT})$  e intervalos de confianza para la media, en investigaciones agropecuarias.
- Los usuarios de esta herramienta digital han expresado un 100% de satisfacción con su manejo, y muestran agrado con las opciones que se proponen en esta nueva versión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO, J.A.: Aplicación del método Bootstrap para la estimación de parámetros poblacionales en Parcelas Permanentes de Muestreo y en la modelación Matemática en plantaciones de *Pinus cubensis* Grised, Instituto de Ciencia Animal ICA e Instituto de Investigaciones Forestales IIF. Universidad de Pinar del Rio, Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, La Habana, Cuba, 2010.
- COPPLIEN, J.O.: Advanced Borland Delphi programming styles and idioms, Ed. Addison-Wesley, USA, 468 p., 1998.
- CUE, J.; CASTELL, E.; HERNÁNDEZ, J.: Estadística. 2DA. Parte, Ed. Empresa Nacional de Producción del Ministerio de Educación Superior Imprenta "Andre Voisin", La Habana, Cuba, 357 p., 1987a.
- CUE, J.; CASTELL, E.; HERNÁNDEZ, J.M.: Estadística. 1RA. Parte, Ed. Empresa Nacional de Producción del Ministerio de Educación Superior Imprenta "Andre Voisin", La Habana, Cuba, 243 p., 1987b.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.: An Introduction to the bootstrap, Ed. Chapman and Hall, New York, USA, 436 p., 1993.
- FREIXA, M.; SALAFRANCA, L.; GUARIDIA, J.; FERRER, R.; TURBANY, J.: Análisis Exploratorio de datos: nuevas técnicas estadísticas, Ed. Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A. (PPU, S.A), Barcelona, España, 296 p., 1992, ISBN: 84-7665-179-1.
- GUERRA, C.W.; MÉNDEZ, E.; BARRERO, R.; EGAÑA, A.: Estadística, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 376 p., 2006, ISBN: 959-258-776-0.
- JÖCKEL, K.H.; ROTHE, G.; SENDLER, W.: "Bootstrapping and related techniques", En: International Conference Held in Trier, FRG, June 4 - 8, 1990, Ed. Springer-Verlag, USA, 1992.
- NAVARRO, J.A.: "The Bootstrap: a 35 years old young very useful for analyzing biological data", Cuban Journal of Agricultural Science, 50(1): 11-23, 2016, ISSN: 0864-0408, e-ISSN: 2079-3480.
- PINO, J.; SABÍN, Y.; SALGADO, Y.; TORRES, V.: "Sistema Stima 1.0 para la estimación de parámetros en investigaciones relacionadas con la mecanización agropecuaria utilizando el método Bootstrap", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 12(2): 1-5, 2003, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- PINO, J.A.; ARTEAGA, M.; FERNÁNDEZ, L.; JIMÉNEZ, Y.R.: "Estimación de parámetros en investigaciones de producción animal (porcina) utilizando el software STIMA 1.0.", En: Porcicultura Tropical 2019, La Habana, Cuba, 2019, ISBN: 978-959-7208-36-5.
- PINO, J.A.; ARTEAGA, M.; SABÍN, Y.: "STIMA (versión 1.0): Software para la estimación de parámetros aplicando el método intensivo por ordenador Bootstrap", En: XVI Congreso Científico Internacional del INCA, noviembre 2008, XVI Congreso Científico Internacional del INCA, noviembre 2008, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 2008.
- PINO, J.A.; SABÍN, Y.; TOLEDO, V.; GARCÍA, L.: "Método Intensivo por ordenado Bootstrap", Revista Ciencia e Ingeniería Aplicada, ser. Rioacha. Centro de Investigaciones de la Universidad de la Guajira, Colombia, 1(1), 2007.

José Antonio Pino-Roque, Profesor Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23 ½ San José de las Lajas, Mayabeque. C.O: 32700. Apartado postal: 18-19, e-mail: [pino@unah.edu.cu](mailto:pino@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9728-6700>

Mayra Arteaga-Barrueta, Profesora Titular, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23 ½ San José de las Lajas, Mayabeque. C.O: 32700. Apartado postal: 18-19, e-mail: [mayra@unah.edu.cu](mailto:mayra@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0591-2063>

Lucía Fernández-Chuáirey, Profesora Titular, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23 ½ San José de las Lajas, Mayabeque. C.O: 32700. Apartado postal: 18-19, e-mail: [lucia@unah.edu.cu](mailto:lucia@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2439-1176>

Yasmay Vicente-Felipe, Profesor Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23

½ San José de las Lajas, Mayabeque. C.O: 32700. Apartado postal: 18-19, e-mail: [yasmanyv@unah.edu.cu](mailto:yasmanyv@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3763-9137>  
*Daymara Rodríguez-Alfonso*, Profesora Titular, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23 ½ San José de las Lajas, Mayabeque. C.O: 32700. Apartado postal: 18-19, e-mail: [daymara@unah.edu.cu](mailto:daymara@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2089-528>  
*René Lázaro Collado-Arteaga*, Estudiante 3er año de Ingeniería en Informática, Alumno ayudante, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23 ½ San José de las Lajas, Mayabeque. C.O: 32700. Apartado postal: 18-19, e-mail: [pino@unah.edu.cu](mailto:pino@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3751-8853>

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

## FIGURAS ANEXADAS

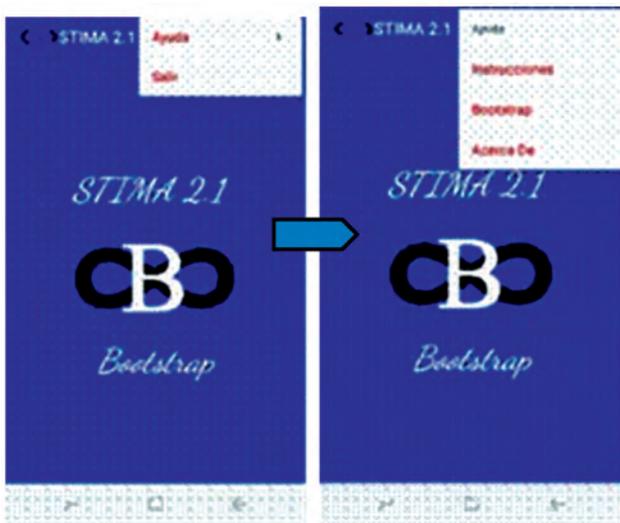


FIGURA 1. Presentación de la opción **Ayuda**.



FIGURA 3. Presentación de la opción **Resultados** de la estimación bootstrap.

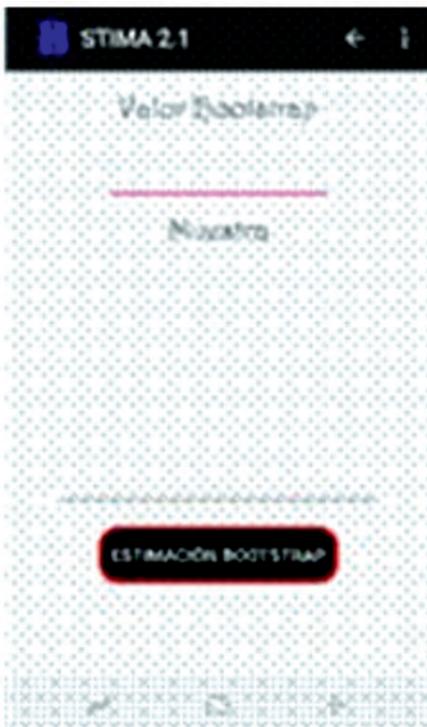


FIGURA 2. Presentación de la opción **Ejecutable**.



FIGURA 4. Presentación de la opción **Gráfico** (opcional).



FIGURA 5. Presentación de la opción Ver resultados.



# IAgric

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

## SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

VALIDACIÓN DE MAQUINAS Y TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS (PRUEBA ESTATAL).

ASISTENCIA TÉCNICA, ASESORIA Y ESTUDIOS ASOCIADOS PARA LA INTRODUCCIÓN Y/O EXPLOTACIÓN EFICIENTE DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA.

CONSULTORIA TÉCNICA DE EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURAS AGRÍCOLAS PARA SU INTRODUCCIÓN EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS.

GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO TÉCNICO EN TEMÁTICAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA.

ASESORÍA Y EJECUCIÓN DE PROGRAMAS, EVALUACIONES, ESTUDIOS Y OTRAS ACCIONES DE INTERÉS ESTATAL EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA.

Validación de tracciones de alta potencia y máquinas multipropósito	Validación de tracciones potencia media y ligera	Validación equipos y tecnologías asociadas	Validación de equipos manuales y de tracción animal	Validación de sistemas de riego, drenaje y maquinaria de bombeo
Atención técnica a usuarios de equipos agrícolas y asesoramiento en el uso y mantenimiento de los mismos	Diseño y prestación de servicios de asistencia técnica y asesoramiento en el uso y mantenimiento de los equipos agrícolas	Desarrollo de sistemas de validación de tecnologías asociadas a las tracciones agrícolas	Desarrollo de sistemas de validación de tecnologías asociadas a las tracciones agrícolas	Diseño y desarrollo de sistemas de riego, drenaje y maquinaria de bombeo
Servicio técnico de asesoramiento	Servicio técnico de asesoría y asistencia	Evaluación técnica de tecnologías asociadas	Evaluación técnica de tecnologías asociadas	Evaluación técnica de tecnologías asociadas
Gestión de los datos de los programas agrícolas	Gestión de los datos de los programas agrícolas	Gestión de los datos de los programas agrícolas	Gestión de los datos de los programas agrícolas	Gestión de los datos de los programas agrícolas

*"... calidad es lo que debemos darle al pueblo, es una obligación nuestra, una obligación de cada uno como parte de nuestro deber social..."*

*Ernesto Che Guevara*