




Original

Evaluación del impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial

Evaluation of the Impact of Organizational and Structural Changes Implemented in Cuban Agriculture on the Reproductive Efficiency of Cattle Systems Using Artificial Insemination

José Alberto Bertot Valdés*^{}, Maydier Norman Horrach Junco*^{}, Roberto Vázquez Montes de Oca*^{}, Magaly Garay Durba**^{}

*Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Veterinaria. Dirección postal: Carretera de Circunvalación Norte km 5 ½ entre Camino Viejo de Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte, Camagüey, Cuba. Código Postal 74650.

**Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Morfología. Dirección postal: Carretera de Circunvalación Norte km 5 ½ entre Camino Viejo de Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte, Camagüey, Cuba. Código Postal 74650.

Correspondencia: jose.bertot@reduc.edu.cu

Recibido: Junio, 2021; Aceptado: Julio, 2021; Publicado: Agosto, 2021.

RESUMEN

Antecedentes: Los cambios económicos ocurridos en Cuba a partir del periodo especial (1991-2000), condujeron a la adopción de medidas encaminadas a amortiguar las carencias en la ganadería. **Objetivo.** Evaluar el impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en el período del 1982 al 2017, en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial. **Materiales y métodos:** Se seleccionaron los datos anuales (enero de 1982-diciembre de 2017) del índice de natalidad (IN) de seis empresas pecuarias de la provincia de Camagüey. La evaluación de los impactos de la intervención se realizó mediante análisis de regresión por el método de Newey-West. **Resultados:** Se observó una tendencia decreciente del IN a lo largo de todo el periodo, con dos etapas definidas por una interrupción en 1994. Al año siguiente, se produjo un incremento no significativo para posteriormente mantener una tendencia decreciente, con por una disminución significativa anual de 0,51%. Se confirmó un crecimiento significativo en la tendencia anual del 0,93% en el IN en relación con la tendencia pre intervención. **Conclusiones:** Los cambios organizacionales

Como citar (APA)

Bertot Valdés, J., Horrach Junco, M., Vázquez Montes de Oca, R., & Garay Durba, M. (2021). Evaluación del impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial. *Revista de Producción Animal*, 33(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3877>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

ocurridos en la agricultura cubana impactaron en la eficiencia reproductiva, expresada por el IN. La ausencia de correspondencia entre el punto de intervención de la serie con el momento exacto de la aplicación de las medidas corrobora que los efectos en la reproducción se manifiestan a largo plazo, pues existen interrelaciones entre las variables que se presentan con retardos en el tiempo y en la práctica no siempre se observan los resultados esperados en el momento previsto.

Palabras clave: análisis de series de tiempo interrumpidas, ganado vacuno, reproducción
(Fuente: MESH)

ABSTRACT

Background: The economic changes implemented in Cuba during the so called Special Period (1991-2000), led to the adoption of measures intended to mitigate scarcities in livestocking. **Aim.** To evaluate the impact of different stages of organizational and structural changes in Cuban agriculture in the 1982-2017 period, on the reproductive efficiency of cattle systems under artificial insemination. **Materials and Methods:** The annual data on the birth index (BI), collected between January 1982 and December 2017, from six livestock companies in the province of Camagüey were included. The evaluation of intervention impact was made by regression analysis, using the Newey-West method. **Results:** A decreasing trend of BI was observed throughout the period, with two stages characterized by an interruption in 1994. The following year a non-significant increase was observed, then a decreasing trend, with a significant annual decline of 0.51%. A significant growth of the annual BI trend of 0.93% was confirmed, in relation to the pre-intervention trend. **Conclusions:** According to the BI observed, the organizational changes implemented in Cuban agriculture had an impact on reproductive efficiency. The absence of correspondence between the point of intervention of the series to the exact moment of the application of the measures corroborates that the effects observed on reproduction were long-term, due to time delayed inter-variable relations, and because the results expected at certain times are not always observed.

Keywords: interrupted time series analysis, cattle, reproduction (Source: MESH)

INTRODUCCIÓN

Los cambios económicos ocurridos en Cuba a partir del periodo especial (1991-2000), condujeron a la adopción de medidas encaminadas a amortiguar las carencias en la ganadería que es uno de los sectores más afectados, entre ellas merece destacar la creación de las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), el ajuste de la estructura genética de los rebaños lecheros comerciales y la reducción del número de hembras en inseminación artificial (IA).

Los campesinos organizados en Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), que tienen el mayor por ciento de las hembras, aplican la IA sólo en el 16,5 % (MINAG, 2017); esto incide directamente en los bajos niveles de crecimiento anual que experimenta la producción de leche y carne. Para contrarrestar esta situación, la Instrucción No. 06/2017 del Ministro de la Agricultura estableció el Sistema Integral de Atención a la Reproducción, que propuso incorporar a la inseminación artificial el 52 % de toda la masa de hembras en el país y lograr el 80 % de natalidad como promedio hasta el 31 de diciembre de 2019. Pero en la actualidad sólo se

encuentran en IA el 30 % de la masa de hembras en reproducción y no se han estimado los efectos económicos por la baja eficiencia reproductiva.

En Cuba, la evaluación de impactos en la ganadería se ha abordado con métodos analíticos de avanzada (Fernández Ibáñez, Bertot Valdés y Montes de Oca, 2012; Torres *et al.*, 2013; Leal Labrada *et al.*, 2018; Alonso-Vázquez *et al.*, 2019), pero no son aplicables en el contexto de series de tiempo.

Los métodos inicialmente utilizados para los análisis de impacto en series de tiempo fueron los modelos autorregresivos integrados de medias móviles o ARIMA (McDowall *et al.*, 1980), actualmente son más empleados los de regresión por mínimos cuadrados ordinarios, diseñados para ajustar la autocorrelación, por su flexibilidad y por ser más aplicables en un contexto de series de tiempo interrumpidas

En su forma más simple, se modela utilizando un modelo de regresión (lineal, logística o Poisson) que incluye sólo tres covariables basadas en el tiempo, cuyos coeficientes de regresión estiman la pendiente de la preintercepción, el cambio de nivel en el punto de intervención y el cambio en la pendiente de la pre-intervención a la post-intervención (Kontopantelis *et al.*, 2015).

El análisis de series de tiempo interrumpidas (ITSA, por sus siglas en inglés) o análisis de intervención, es considerado el más poderoso diseño de investigación *cuasi* experimental, que es utilizado para fijar el efecto de una intervención cuando la aleatorización no es factible (Penfold y Zhang, 2013; Ewusie *et al.*, 2017). Es una herramienta que permite evaluar el impacto de uno o más eventos en los valores de una serie de tiempo y consiste, según López Bernal, Cummins y Gasparrini (2016), en utilizar una serie temporal para establecer una tendencia subyacente, que se "interrumpe" por una intervención en un momento conocido.

Este diseño ha sido cada vez más aplicado en la investigación de varias esferas como los servicios clínicos y de salud, epidemiología (Bhaskaran *et al.*, 2013; Ewusie *et al.*, 2017), educación (Jacob *et al.*, 2016), políticas sociales (Linden y Yarnold, 2018), en medicina veterinaria (Boerlage *et al.*, 2019), y en enfermedades transmitidas por los alimentos (Aik *et al.*, 2020), entre otras, pero no se han publicado estudios enfocados a los efectos de intervenciones en la reproducción animal, posiblemente porque en este sector de la zootecnia no es usual el análisis de series de tiempo.

El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en el período del 1982 al 2017, en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la información institucionalizada registrada en los archivos de la subdelegación de ganadería de la delegación del Ministerio de la Agricultura en la provincia de Camagüey, se obtuvieron los datos primarios mensuales de reproducción, de seis empresas pecuarias, correspondientes al periodo comprendido entre enero de 1982 y diciembre de 2017. Se

Evaluación del impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial

seleccionaron los datos anuales del índice de natalidad (IN) para evaluar el impacto de los cambios organizacionales ocurridos en la agricultura cubana en la eficiencia reproductiva. Se realizaron los análisis exploratorios de las series de tiempo (secuencias, autocorrelación y autocorrelación parcial) y, mediante la inspección visual, fue definido un punto de intervención, en el año 1994 para el IN.

La evaluación de los impactos de la intervención se realizó mediante análisis de regresión por el método de Newey-West, que estima los coeficientes por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), pero proporciona errores estándares de Newey-West por autocorrelación de la posible heterocedasticidad entre las variables independientes que participan en el modelo. El modelo especificado fue el siguiente:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_t + \beta_3 X_t T_t + \epsilon_t$$

Donde:

Y_t es el IN medido a intervalos de tiempo anual (t).

T_t es el tiempo desde el inicio del estudio.

X_t es una variable dicotómica (indicador) que representa la intervención en el año 1994 (períodos de pre intervención = 0, intervención = 1).

$X_t T_t$ es un término de interacción.

β_0 representa el intercepto o nivel inicial de la variable respuesta (IN).

β_1 es la tendencia del IN hasta la introducción de la intervención.

β_2 representa el cambio en el nivel del IN en el periodo inmediatamente después de la intervención.

β_3 representa las diferencias entre las pendientes pre y post intervención.

ϵ_t término de error aleatorio que sigue un proceso autorregresivo de primer orden (AR1):

dónde, $\epsilon_t = \rho \epsilon_{t-1} + u_t$

y el parámetro de autocorrelación ρ es el coeficiente de correlación entre términos de error adyacentes, de modo que $|\rho| < 1$, y las perturbaciones u_t son independientes y $u_t \sim N(0, \sigma_{u_t}^2)$

Se calculó la pendiente post estimación según la expresión: $\beta_1 + \beta_3$

Todos los análisis se desarrollaron con el módulo *itsa* (Linden, 2015), implementado en el paquete estadístico Stata 15.1 (StataCorp, College Station, Texas, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis exploratorios de las series IN

A partir de la inspección visual de las series correspondientes al IN se observó una tendencia decreciente a lo largo de todo el periodo 1982-2017. Se definen dos etapas por una interrupción en 1994, al año siguiente se produce un ascenso en los valores de la variable para posteriormente mantener una tendencia decreciente (Figura 1). Resulta notable que los valores en los últimos años sean comparables a los registrados en los años 1990-1993.

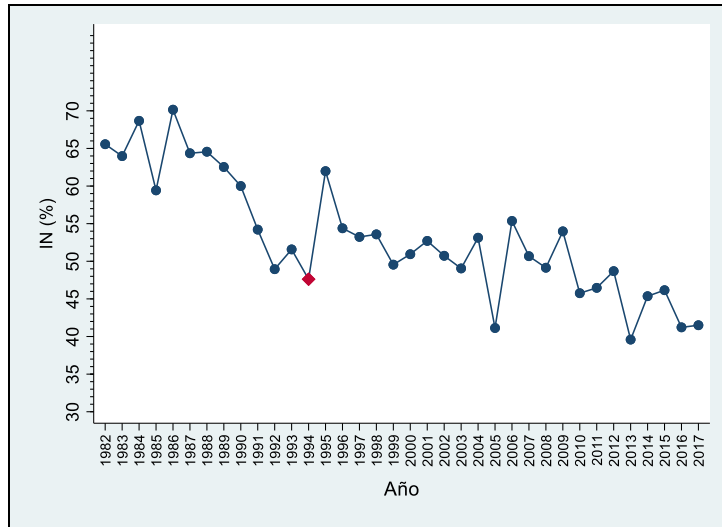


Figura 1. Valores anuales para el índice de natalidad (IN) en el periodo 1982-2017. El punto rojo representa la intervención en el año 1994.

Aunque el punto de intervención en la serie no se corresponde exactamente con la aplicación de las medidas, es necesario tener en cuenta que los efectos en la reproducción se manifiestan a largo plazo, pues existen interrelaciones entre las variables que se presentan con retardos en el tiempo y en la práctica no siempre se observan los resultados esperados (Bertot Valdés *et al.*, 2009; Figueroa, Bertot y Vázquez, 2010), además, aunque las acciones que provocan los cambios son de carácter internacional y nacional, presentan particularidades en su aplicación territorial.

La situación descrita está relacionada con el efecto a largo plazo de las afectaciones originadas en el período especial y, por las medidas organizacionales, estructurales y económicas adoptadas para contrarrestar esos efectos negativos que interactúan, se solapan y acumulan. Todas esas acciones tienen como causa subyacente el recrudescimiento permanente del bloqueo de EEUU en todo el periodo estudiado.

El problema anterior, que se presenta con frecuencia en los análisis por series de tiempo, ha sido abordado por López Bernal, Cummins y Gasparrini (2016), quienes expresan que en algunas evaluaciones puede ser difícil definir cuándo comienza la intervención y distinguir los efectos de diferentes componentes, pero es necesario establecer una diferenciación clara de los periodos de pre intervención y post intervención.

Se observaron auto correlaciones significativas, en los dos primeros retardos (Figura 2), lo que supone la necesidad de realizar análisis de regresión que tomen en cuenta los ajustes por auto

Evaluación del impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial

correlación. Por lo anterior se justifica el uso del primer retardo para el análisis de regresión por el método de MCO (mínimos cuadrados ordinarios), con ajuste por auto correlación de los errores según Newey-West.

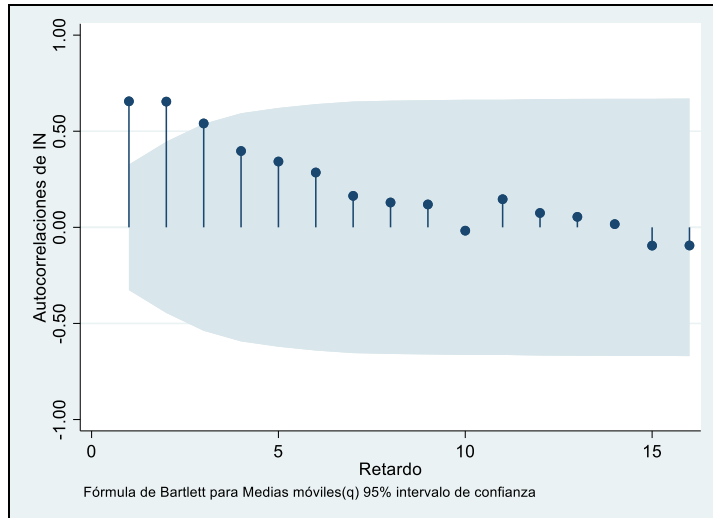


Figura 2. Auto correlaciones del IN.

Los nacimientos constituyen el objetivo final del proceso de la reproducción y debe esperarse que sean influidos por cualquier tipo de cambio. En estas empresas el total de hembras mostró una tendencia decreciente durante el periodo 1982-2005 (Bertot Valdés *et al.*, 2006), y, como son determinantes en el total de nacimientos, se utilizó el IN como expresión de la proporción de terneros nacidos vivos del total de hembras, expresada en por ciento. Además, una de las características poderosas de los ITSA es que pueden ser conducidos con respecto a las tasas poblacionales (Penfold y Zhang, 2013), por lo que se justifica la selección del IN para analizar los impactos de los cambios organizacionales y estructurales.

En el análisis de regresión (Tabla 1) el nivel inicial del IN en el periodo fue estimado en 69,05 %, con un decrecimiento de 1,43 % cada año antes de 1994 (P =0,000 e IC = -2,15; -0,72). En el primer año de la intervención ocurrió un incremento no significativo de 3,25% (P =0,281 e IC 95% = -2,79; 9,29), seguido por una disminución anual de 0,51% (P= 0,000 e IC 95% = -0,71; -0,31) en el IN (Tabla 2). Los valores significativos observados, indican efectos en el tiempo de la intervención realizada en el año 1994 (Linden y Adams, 2011; Linden, 2015; Linden, 2017).

Tabla 1. Cambios de nivel y tendencia para el IN.

IN	Coef.	EE Newey-West	t	P> t	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<u>t</u> (β_1)	-1,43	0,35	-4,1	0,000	-2,15	-0,72
<u>x</u> ₁₉₉₄ (β_2)	3,25	2,97	1,1	0,281	-2,79	9,29
<u>x</u> _{t1994} (β_3)	0,93	0,37	2,5	0,018	0,17	1,68

_cons (β_0)	69,05	2,13	32,38	0,000	64,71	73,40
Numero de observaciones = 36 F (3, 32) = 43,82 Prob > F = 0,0000 Retardo máximo: 1 Intervención: 1994						

Tabla 2. Tendencia lineal del IN posterior a la intervención en el año 1994

Tendencia lineal	Coef.	EE	t	P> t	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Intervención:1994 _b[_t]+_b[_x_t1994]	-0,51	0,10	-5,24	0,000	-0,71	-0,31

Se confirmó un crecimiento en la tendencia anual del 0,93% en el IN en relación con la tendencia pre intervención (P = 0,018 e IC 95% = 0,17;1,68). La tendencia del periodo post intervención se obtiene de la suma de los coeficientes $\beta_1 + \beta_3 = -1,43 + 0,93 = -0,51$.

La técnica analítica empleada proporciona resultados gráficos extremadamente claros y fáciles de interpretar, se observa, sin las salidas estadísticas de los modelos de regresión, el efecto de la intervención realizada en el año 1994 en el IN (Figura 1).

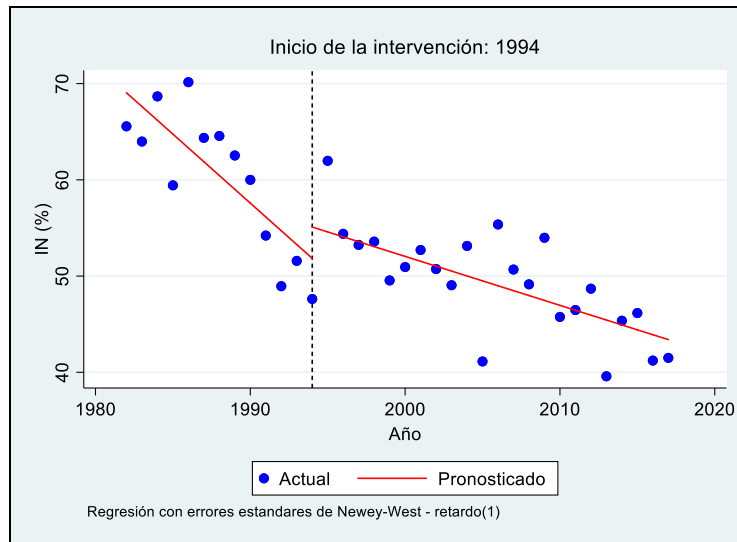


Figura 1. Análisis de series de tiempo interrumpidas para el IN.

CONCLUSIONES

Los cambios organizacionales ocurridos en la agricultura cubana impactaron en la eficiencia reproductiva, expresada por el IN. La ausencia de correspondencia entre el punto de intervención de la serie con el momento exacto de la aplicación de las medidas corrobora que los efectos en la reproducción se manifiestan a largo plazo, pues existen interrelaciones entre las variables que se presentan con retardos en el tiempo y en la práctica no siempre se observan los resultados esperados en el momento previsto.

REFERENCIAS

- Aik, J., Turner, R. M., Kirk, M. D., Heywood, A. E., & Newall, A. T. (2020). Evaluating food safety management systems in Singapore: A controlled interrupted time-series analysis of foodborne disease outbreak reports. *Food Control*, 117, 107324. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107324>
- Alonso-Vázquez, Á. C., Torres-Cárdenas, V., Iriban-Díaz, C. A., Benítez-Odio, M., & Chongo-García, B. (2019). Modelo estadístico de evaluación del impacto -MEMI- de algunos indicadores sobre la producción de leche en una unidad ganadera del occidente de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 31(8). <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd31/8/alons31123.html>
- Bertot Valdés, J., Vázquez Montes de Oca, R., Avilés Balmaseda, R., de Armas de la Rosa, R., Garay Durba, M., Loyola Oriyés, C., & Honrach Junco, M. (2006). Análisis del comportamiento estacional y tendencia de las categorías reproductivas y los nacimientos en empresas pecuarias lecheras. *Revista de Producción Animal*, 18(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/3109>
- Bertot Valdés, J., Vázquez Montes de Oca, R., de Armas de la Rosa, R., Garay Durba, M., Avilés Balmaseda, R., Loyola Oriyés, C., & Horrach Junco, M. (2009). Relaciones de dependencia temporal entre las variables de organización y control de la reproducción en sistemas lecheros. *Revista de Producción Animal*, 21(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2978>
- Bhaskaran, K., Gasparini, A., Hajat, S., Smeeth, L., & Armstrong, B. (2013). Time series regression studies in environmental epidemiology. *International Journal of Epidemiology*, 42(4), 1187-1195. <https://doi.org/10.1093/ije/dyt092>
- Boerlage, A. S., Stryhn, H., Armstrong, B., & Hammell, K. L. (2019). A 2-stage hierarchical interrupted time-series analysis to quantify the long-term effect of subclinical bacterial kidney disease on performance of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Preventive veterinary medicine*, 172, 104776. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104776>
- Ewusie, J. E., Blondal, E., Soobiah, C., Beyene, J., Thabane, L., Straus, S. E., & Hamid, J. S. (2017). Methods, applications, interpretations and challenges of interrupted time series (ITS) data: protocol for a scoping review. *BMJ open*, 7(6), e016018. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016018>
- Fernández Ibáñez, R., Bertot Valdés, J. A., & Montes de Oca, R. V. (2012). Estacionalidad e impactos de las causas que producen el desecho de hembras bovinas en rebaños lecheros de Camagüey. *Revista de Producción Animal*, 24(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2612>

- Figueroa, J. L., Bertot, J.A. & Vázquez, R. (2010). Evaluación de la recogida de hembras en estro en la empresa pecuaria Triángulo 4 de la provincia de Camagüey. *Revista de Producción Animal*, 22(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2946>
- Figueroa Arce, J., Bertot Valdés, J., & Vázquez Montes de Oca, R. (2010). Detección de hembras en estro en una empresa pecuaria. *Revista de Producción Animal*, 22(2), 61-67. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2946>
- Jacob, R., Somers, M. A., Zhu, P., & Bloom, H. (2016). The validity of the comparative interrupted time series design for evaluating the effect of school-level interventions. *Evaluation Review*, 40(3), 167-198. <https://doi.org/10.1177/0193841X16663414>
- Kontopantelis, E., Doran, T., Springate, D. A., Buchan, I., & Reeves, D. (2015). Regression based quasi-experimental approach when randomisation is not an option: interrupted time series analysis. *BMJ*, 350. <https://doi.org/10.1136/bmj.h2750>
- Leal Labrada, A., Bertot Valdés, J., Horrach Junco, M., Vázquez Montes de Oca, R., & Garay Durba, M. (2018). Asociación entre el número de focos de enfermedades y el estado reproductivo del rebaño. *Revista de Producción Animal*, 30(1), 53-57. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2191>
- Linden, A. (2015). Conducting interrupted time-series analysis for single-and multiple-group comparisons. *The Stata Journal*, 15(2), 480-500. <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500208>
- Linden, A. (2017). A comprehensive set of postestimation measures to enrich interrupted time-series analysis. *The Stata Journal*, 17(1), 73-88. <https://doi.org/10.1177/1536867X1701700105>
- Linden, A., & Adams, J. L. (2011). Applying a propensity score-based weighting model to interrupted time series data: improving causal inference in programme evaluation. *Journal of evaluation in clinical practice*, 17(6), 1231-1238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2010.01504.x>
- Linden, A., & Yarnold, P. R. (2018). The Australian gun buy-back program and the rate of suicide by firearm. *Optimal Data Analysis*, 7, 28-35.
- Bernal, J. L., Cummins, S., & Gasparrini, A. (2017). Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial. *International journal of epidemiology*, 46(1), 348-355. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw098>
- McDowall, D., McCleary, R., Meidinger, E. E., & Hay, R. A. (1980). *Interrupted Time-series Analysis*, Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences.
- MINAG (2017). Sistema integral de atención a la reproducción, 17 julio de 2017 [s.l]: [s.n]

Evaluación del impacto de los cambios organizacionales y estructurales ocurridos en la agricultura cubana en la eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial

Penfold, R. B., & Zhang, F. (2013). Use of interrupted time series analysis in evaluating health care quality improvements. *Academic pediatrics*, 13(6), S38-S44. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2013.08.002>

StataCorp. (2017). Stata Statistical Software: Release 15.1. College Station, TX: StataCorp LP.

Torres, V., Cobo, R., Sánchez, L., & Raez, N. (2013). Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 25(9). <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd25/9/torr25159.htm>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: JABV, MNHJ, RVMO, MGD; análisis e interpretación de los datos: JABV, MNHJ, RVMO; redacción del artículo: JABV, MNHJ, RVMO, MGD.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.