

**Eficiencia de escala y su elasticidad en sistemas lecheros de la región sierra centro-norte de Ecuador.**

Cristian N. Arcos Álvarez<sup>1</sup>; Elsa Janeth Molina Molina<sup>1</sup>; Cristian F. Beltrán Romero<sup>1</sup>; Jorge W. Armas Cajas<sup>1</sup>; Vanessa Del Rosario Herrera Yunga<sup>1</sup>; Byron A. Valencia Bustamante<sup>1</sup>; Marco X. Jiménez Gonzales<sup>1</sup>; Paola Jael Lascano Armas<sup>1</sup>; Carlos S. Torres Inga<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (FACAREN). Carrera De Medicina Veterinaria. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Campus Yanuncay, Universidad de Cuenca, Azuay, Ecuador. Autor de correspondência: santiago.torres84@ucuenca.edu.ec

Cristian N. Arcos Álvarez: cristian.arcos@utc.edu.ec <http://orcid.org/0000-0002-1084-4117>

Elsa Janeth Molina Molina: elsa.molina@utc.edu.ec <http://orcid.org/0000-0002-5264-2318>

Cristian F. Beltrán Romero: cristian.beltran@utc.edu.ec <http://orcid.org/0000-0002-1084-3138>

Jorge W. Armas Cajas: jorge.armas@utc.edu.ec

Vanessa Del Rosario Herrera Yunga: vanessa.herrera@utc.edu.ec

Byron A. Valencia Bustamante: byron.valencia@utc.edu.ec

Marco X. Jiménez Gonzales: marco.jimenez@utc.edu.ec

Paola Jael Lascano Armas: paola.lascano@utc.edu.ec <http://orcid.org/0000-0001-5351-8805>

## Resumen

La producción de leche en la cordillera ecuatoriana representa el 74% del país, generalmente con variados insumos y la gestión gerencial en las granjas lecheras tiene como objetivo mejorar la combinación de insumos e implica un mejor desempeño económico, en dependencia de la escala tecnológica. La primera etapa de la investigación consistió en la determinación de información válida en las bases de datos públicas y la selección de variables a través de algoritmos genéticos que intervinieron en los modelos. En la segunda fase, con el modelo DEA, se determinó la Eficiencia de escala (EE) y las elasticidades de 2014 a 2017 en cada provincia. Se encontraron entre provincias, diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la (EE). La alta variabilidad de los componentes físicos y de los insumos y productos considerados para el análisis indudablemente influyó en las diferencias en los valores de eficiencia alcanzados entre las provincias de la región. Esto permitió a las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, y Carchi, alcanzar posiciones más altas en las eficiencias técnicas, lo que permitió una jerarquía en la que influyeron estos factores.

**Palabras claves:** Sistemas ganaderos, componentes físicos, rebaños, fuerza laboral, productividad, sostenibilidad

## **Abstract**

Milk production in the Ecuadorian mountain range represents 74% of the country, generally with varied inputs and management in dairy farms aims to improve the mix of inputs and implies better economic performance, depending on the technological scale. The first stage of the research consisted of the determination of valid information in public databases and the selection of variables through genetic algorithms that intervened in the models. In the second phase, with the DEA model, the Scale Efficiency (EE) and elasticities from 2014 to 2017 in each province were determined. Significant differences were found between provinces ( $P < 0.05$ ) for the (EE). The high variability of the physical components and the inputs and products considered for the analysis undoubtedly influenced the differences in the efficiency values achieved between the provinces of the region. This allowed the provinces of Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, and Carchi to reach higher positions in technical efficiencies, allowing for a hierarchy in which these factors influenced.

**Keywords:** Livestock systems, physical components, herds, labor force, productivity, sustainability.

## **Introducción**

La producción de leche en la cordillera ecuatoriana representa el 74% del país, generalmente con insumos medios - bajos (Torres et al., 2016 a, b). La gestión gerencial en las granjas lecheras tiene como objetivo mejorar la combinación de insumos e implica un mejor desempeño económico, en condiciones de bajos insumos y en dependencia de la escala tecnológica (Theodoridis et al., 2012, Kelly et al., 2013, Torres et al., 2018). El análisis envolvente de datos es una metodología de uso frecuente para los análisis de eficiencia de escala (EE) en granjas lecheras (Álvarez et al., 2008; Chang & Mishra, 2011).

Según Madhanagopal & Chandrasekaran (2014) es una herramienta matemática que se emplea para la medición de la eficiencia en granjas y es muy actual, así Shortall & Barnes (2013) la utilizan con éxito conjuntamente con otras técnicas no paramétricas como las Redes Neuronales (RN) o el Free Disposable Hull Analysis (FDH) las cuales han sido de las más usadas durante décadas anteriores (Deprins *et al.*, 1984; Lovell *et al.* 1994; Bertot et al., 2017).

Kelly et al. (2013), reportan resultados para la eficiencia en relación con la escala (EE) y los niveles de tecnología en granjas lecheras en Irlanda, Cabrera et al. (2010) evalúa la eficiencia de las granjas con DEA, y la productividad animal y la eficiencia de la escala fueron evaluadas por Allendorf & Wettermann (2015). Con base en todo lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia de escala y su elasticidad en la producción de leche en la sierra ecuatoriana en el período 2014-2017.

## Materiales y métodos.

La primera etapa de la investigación consistió en la determinación de información válida en las bases de datos públicas y la selección de variables a través de algoritmos genéticos que intervinieron en los modelos. En la segunda fase, utilizando el modelo DEA, se determinó la eficiencia de escala (EE) y las elasticidades de 2014 a 2017 en cada provincia. Las bases de datos de Producción Agropecuaria Superficial y Continua en el periodo 2014 - 2017, del Instituto Nacional de Estadística y Censos se utilizaron. Se utilizó el método de muestreo múltiple (MMM), con la lista de ESPAC (2017) y la información de 2014-2017. Se utilizaron tablas de área en la región de investigación de las tierras altas centrales y del norte ecuatorianas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo.

**Tabla 1. -Variables de la base de datos ESPAC utilizados en el proyecto (2014-2017).**

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
Province	Provincia
Cantón	Cantón
Páramo (ha)	Páramo
Pastizales (us_k305ha)	Pastizales Mejorados (ha)
us_k306ha	Pastizales Naturales (ha)
us_k308ha	Bosques y Vegetación Diversa (há)
gl_k808	Total de Animales (Total)
gl_k809	Total de Animales Lecheros (Total)
gl_próprio leche	Ganado Lechero Próprio (# Total)
gl_alquiler leche	Ganado Lechero en Alquiler (# Total)
gl_total mujeres	Mujeres que Trabajan en Granjas ((# Total)
gl_k812	Vacas lecheras (# Total)
gl_k813	Vacas en Producción lechera/dia (# Total)
eu_k1301	Mano de Obra (# Total)
eu_k1302	Hombres (# Total)
eu_k1307	Trabajadores sin ingresos en granja (# Total)

El modelo matemático se construyó a partir de la DEA en 22 346 unidades productoras de leche, para determinar las eficiencias técnicas y de escala que producen unidades Y de salidas, siendo las unidades K de las entradas K-n estas a su vez m entradas. Por otro lado, se utilizó ANOVA, con software SPSS (IBM Corp., 2012), para encontrar significados estadísticos.

## **Ubicación y selección de granjas lecheras**

La base de datos de las provincias incluyó 22 346 granjas registradas (GR) que permitieron obtener información sobre el tamaño de la granja y la consistencia del rebaño y algunas otras variables de gestión. Se completó una encuesta para analizar los factores relacionados con la eficiencia de la granja y se recopiló un conjunto limitado de variables para los análisis paramétricos que incluyen la granja, el tamaño, el número de vacas, la leche producida anualmente, el número de empleados de la granja. Las diferencias entre las granjas se establecieron por el número de animales, así un primer grupo (I) tenía 5 a 12 vacas en granjas de 1.0 a 3,6 ha; un segundo grupo (II) incluía granjas con 13 a 39 vacas en 5,7 a 16,8 ha y un tercer grupo (III) de 42 a 67 vacas en un rango de 18,2 a 46,1 ha. Se realizó una distribución por provincia de los grupos de granjas lecheras, y así Tungurahua, Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi, Carchi ocuparon el 65 % del grupo I, el 57 % del Grupo II y el 69 % para el Grupo III y Pichincha, Bolívar e Imbabura fueron del 35, 43 % y 31 % para los grupos I, II y III respectivamente.

## **Resultados y discusión**

La producción de leche, busca optimizar los recursos en base a utilidades a través de una combinación adecuada de insumos, de manera que, determinar la eficiencia haya sido importante en la actividad (Toro et al., 2010; Jiang y Sharp, 2014). Al medir la eficiencia de escala en la industria lechera de Nueva Zelanda con base pastoril y el uso de métodos no paramétricos Jaforullah y Whiteman, (1999) de un total de 264 explotaciones lecheras. Los resultados sugieren que el 19% de las explotaciones operan en la que denominan la escala óptima (83 hectáreas y 260 animales), el 28% por encima de la escala óptima y el 53% con una escala inferior a la óptima y la eficiencia técnica media fue del 89%, siendo la alimentación el principal factor de eficiencia.

Una confirmación de estos criterios, son los trabajos de Russel y Young (1990) en 58 granjas lecheras de Inglaterra con técnicas de pastoreo intensivo y fertilización, donde relacionan la eficiencia técnica de utilización del alimento con la estructura de costes de las explotaciones y concluye que las más eficientes en alimentación presentan menores costes unitarios totales.

Así mismo, Weersink, Turvey y Godah, (1991), aplican la metodología DEA para estimar el grado de eficiencia de escala de 105 explotaciones lecheras de Ontario en Canadá, donde consideran como output la producción anual de leche y como inputs, el número de personas empleadas, las hectáreas dedicadas a leche y el número de vacas en producción. Se encuentra un grado de eficiencia medio del 89%, siendo la mayoría de las explotaciones eficientes y consideran como explicación de la eficiencia, el grado de experiencia y formación del empresario ganadero y las técnicas de alimentación a pastoreo con suplementación de ensilaje y balanceados.

La variación por región y otros índices de escala, tamaño, rebaños, pastizales y área de montículo, coincide en gran medida con Requielme y Bonifaz (2012), quienes analizaron sus explotaciones ganaderas, con variables como miembros de la familia, escolaridad, edad, pastoreo, pastos, precios de piensos y comercialización. En Estados Unidos

(Cabrera et al., 2010) y en Cuba (Herrera et al, 2013, Guevara et al., 2016), reportan la existencia de diferencias en la eficiencia de escala en las diversas operaciones lácteas y de igual modo ocurre en Argentina (Arzubi, Schilder y Costa, 2004).

En Ecuador, existen posibilidades para desarrollar estos enfoques de producción y llevarlos a cabo en la práctica productiva en modo racional, prueba de ello son los resultados que se pudieron medir en varias granjas ganaderas de doble propósito de los Cantones Bolívar y Chone de la provincia de Manabí en la región costa y también para la provincia de Cotopaxi en ganaderías con más especialización hacia la producción lechera, donde predomina el Holstein, Brown Swiss, Jersey y mestizos de Holstein y Jersey y Holstein y Brown Swiss.

**Tabla 2. Eficiencia de Escala y Elasticidad (%) para sistemas lecheros de las Provincias de la zona centro norte de la Sierra de Ecuador (Año 2014).**

Provincias	Granjas (n)	Eficiencia de escala	Elasticidad		
			1	DRS	IRS
Pichincha	669	0,92±0,01 <sup>de</sup>	11,5	49,3	39,2
Bolívar	576	0,89±0,01 <sup>cd</sup>	10,8	29,2	60,0
Imbabura	235	0,81±0,01 <sup>a</sup>	11,5	21,3	67,2
Cotopaxi	881	0,93±0,01 <sup>ef</sup>	34,7	15,8	49,5
Chimborazo	994	0,95±0,01 <sup>f</sup>	12,1	20,9	67,0
Carchi	328	0,87±0,01 <sup>bc</sup>	15,9	30,1	54,0
Tungurahua	636	0,95±0,01 <sup>f</sup>	28,9	49,4	21,7

a,b,c,d,e indican diferencias significativas a  $P < 0,05$

Las diferencias entre provincias, por eficiencia y escala, se explicaron por la diversidad de criterios de los productores, así como por las posibilidades económicas, el conocimiento, el área y el precio de la leche que motivaron el aumento, fueron estudios que asocian la rentabilidad con eficiencia de escala.

Estudios anteriores han señalado que la eficiencia de las explotaciones agrícolas difiere según la región debido a las diferencias en la calidad del suelo, el clima, la actitud, la mano de obra y las prácticas agrícolas (Kompas y Che 2006; Requelme y Bonifaz; 2012; Dong et al. 2016). Un estudio reciente de Jiang y Sharp (2015) encontró que la eficiencia media de la escala para las granjas lecheras en la Isla Sur era más alta que en las granjas de la Isla Norte en Nueva Zelanda. Kumbhakar et al. (1991) citados por Hailu et al. (2005) encontraron que las grandes granjas operadas por productores con un mayor nivel de educación tienden a ser más eficientes, por escala, técnica y asignativamente.

Aunque no encontraron evidencia de un aumento de los rendimientos a escala, encontraron que las granjas más grandes tenían rendimientos de menor escala que las más pequeñas y esto, junto con sus resultados de eficiencia, los llevó a predecir que el número de granjas más grandes continuaría creciendo con el tiempo. Los mismos resultados están presentes para muchos autores como Arzubi et al. (2004); Herrera et al. (2013); Cabrera et al. (2010) para productores lácteos con diferentes escalas en Argentina, Cuba, Estados Unidos y Nueva Zelanda. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2016). En el año 2014, el mejor resultado en EE fue en Tungurahua y Chimborazo con 0.95 (Tabla 2), y se diferencian de Cotopaxi, Pichincha con 0.93 y 0.92. En el año 2015, el mejor valor (Tabla 3) fue Pichincha con 0.93 y no difiere de Chimborazo y Tungurahua. Carchi en 2016 fue el mejor resultado (Tabla 4), sin diferencia significativa con Tungurahua. En 2017, Carchi repite el mejor resultado (Tabla 5) con 0.93, similar a Tungurahua y Chimborazo. En 2014, los peores resultados en EE fueron en Imbabura ( $P < 0,05$ ) con 0,81, seguidos de Carchi con 0,85 y 0,87 (Tabla 2). Imbabura, Cotopaxi y Carchi, fueron los peores en 2015 con valores entre 0,86 y 0,88 (Tabla 3). Imbabura (Tabla 5) tuvo la eficiencia más baja ( $P < 0.05$ ) con 0.82 y luego de Cotopaxi para 2017.

**Tabla 3. Eficiencia de Escala y Elasticidad (%) de sistemas lecheros en las Provincias de la región centro norte de la Sierra de Ecuador (Año 2015).**

Provincias	Granjas (n)	Eficiencia de Escala	1	DRS	IRS
Pichincha	762	0,93±0,01 <sup>e</sup>	21,1	1,4	77,5
Bolívar	633	0,90±0,01 <sup>cd</sup>	14,0	38,4	47,6
Imbabura	203	0,86±0,01 <sup>a</sup>	13,8	3,5	82,7
Cotopaxi	960	0,88±0,01 <sup>abc</sup>	11,6	13,4	75,0
Chimborazo	837	0,92±0,01 <sup>de</sup>	6,7	15,7	77,6
Carchi	337	0,88±0,01 <sup>abc</sup>	15,9	30,1	54,0
Tungurahua	610	0,92±0,01 <sup>de</sup>	14,0	38,4	47,6

**a,b,c,d,e indican diferencias significativas a  $P < 0,05$**

Requelme y Bonifaz (2012) explican que la ganadería del país requiere información confiable del sector, pero la falta de información no permite la construcción de políticas para resolver el problema. Esto es una coincidencia con zonas y países de la región, afectando también a las instituciones que realizan actividades de investigación. Otra situación es la geografía heterogénea de las regiones montañosas, con una variedad de paisajes y microclimas con prácticas culturales variadas y eficiencia de diferentes escalas (Torres et al., 2016 y 2018; Guevara et al., 2017).

En 2016, el % en esta variable (Tabla 4) se comportó muy por debajo del año anterior, siendo los valores más altos Chimborazo y Cotopaxi con 18%, Bolívar con 11,2% y Carchi con 10,6%. En 2017, Tungurahua fue el mejor con 28%, y le sigue Chimborazo con 14.4%.

Cabrera et al. (2010), y Jiang y Sharp (2014) enfatizan la necesidad de ser más eficientes en la cría de animales e incorporar estrategias apropiadas que permitan transformar los sistemas. Varios autores indican que un efecto diferencial regional sobre la eficiencia de la escala puede actuar como factor limitante por dimensiones físicas, rebaño y productividad, en la eficiencia (Moreira & Bravo-Ureta, 2016; Torres et al., 2018).

**Tabla 4. Eficiencia de Escala y Elasticidad (%) de sistemas lecheros en las Provincias de la Sierra Centro-Norte de Ecuador (Año 2016).**

Provincias	Granjas (n)	Eficiencia de Escala	1	DRS	IRS
Pichincha	871	0,92±0,01 <sup>bcd</sup>	8,0	5,7	86,3
Bolívar	689	0,84±0,01 <sup>a</sup>	11,2	57,2	31,6
Imbabura	661	0,85±0,01 <sup>a</sup>	9,2	9,7	81,1
Cotopaxi	860	0,91±0,01 <sup>bc</sup>	18,0	15,2	66,8
Chimborazo	988	0,91±0,01 <sup>bc</sup>	18,2	30,8	51,0
Carchi	377	0,95±0,01 <sup>e</sup>	10,6	34,5	54,9
Tungurahua	544	0,93±0,01 <sup>cde</sup>	8,6	9,3	82,1

**a,b,c,d,e indican diferencias significativas a P<0,05**

La medición de la EE ha sido importante en todas las áreas, como la ganadería lechera, que ha sido abordada en varios estudios (Toro et al., 2010, Jiang y Sharp, 2014, Moreira y Bravo-Ureta, 2016), lo que ayuda a explicar las diferencias de eficiencia por la forma en que se utilizaron los recursos en las fincas por las características físico-productivas.

#### **Elasticidades de la Eficiencia de Escala (1, DRS, IRS).**

En 2014, la mayor estabilidad en la elasticidad de la eficiencia de la escala fue de 1, 34.7% en Cotopaxi, Tungurahua 28.9% y Carchi con 15.9%. Bolívar, Pichincha, Imbabura, Chimborazo con 10,8 y 12,2%, (Tabla 2). En el año 2015, la mejor (Tabla 3) fue Pichincha con 21.1%.

**Tabla 5. Eficiencia de Escala y Elasticidad (%) de sistemas lecheros en la Sierra Centro-Norte de Ecuador (Año 2017).**

Provincias	Granjas (n)	Eficiencia de Escala	1	DRS	IRS
Pichincha	907	0,90±0,01 <sup>cd</sup>	4,1	19,1	76,8
Bolívar	664	0,91±0,01 <sup>de</sup>	9,5	58,0	32,5
Imbabura	287	0,82±0,01 <sup>a</sup>	7,0	25,8	67,2
Cotopaxi	992	0,87±0,01 <sup>b</sup>	6,2	2,4	91,4
Chimborazo	980	0,92±0,01 <sup>de</sup>	14,4	30,7	54,9
Carchi	426	0,93±0,01 <sup>e</sup>	7,3	9,2	83,5
Tungurahua	505	0,92±0,01 <sup>de</sup>	28,0	20,0	52,0

**a,b,c,d,e indican diferencias significativas a P<0,05**

## **Conclusiones**

La alta variabilidad de los componentes físicos y de los insumos y productos considerados para el análisis indudablemente influyó en las diferencias en los valores de eficiencia alcanzados entre las provincias de la región. Esto permitió a las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, y Carchi, alcanzar posiciones más altas en las eficiencias técnicas, lo que permitió una jerarquía en la que influyeron estos factores.

## **Conflicto de intereses**

No hubo problemas entre los autores del trabajo y tampoco entre estos últimos y las instituciones de apoyo para llevarlo a cabo.

## **Agradecimientos**

A los servidores de la red de la ESPAC, que facilitaron el acceso a los datos de los productores ganaderos en el período 2014-2017 y a los ganaderos que permitieron visitar algunas de las granjas para los diagnósticos de la situación físico-productiva y económica de esos establecimientos.

## **Referencias bibliográficas.**

Arzubi, A., Schilder, E.; Costas, A.M. (2004). Análisis de la eficiencia en explotaciones que sobrevivieron a la crisis de la lechería argentina". Revista Argentina de Economía Agraria. Mendoza, Rep. Argentina. Nueva serie. Volumen VII. Número 2 – Primavera. 2004, pp 22-34.



Allendorf, J.J., Wettemann, P.C. (2015). Does animal welfare influence dairy farm efficiency? A two-stage approach, American Dairy Science Association, 98:1–11, 2015, DOI CODE: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9390>.

Álvarez, A.J. del Corral, D. Solís, and J. A. Pérez. (2008). Does Intensification Improve the Economic Efficiency of Dairy Farms? American Dairy Science Association. 91:3693–3698, 2008. DOI CODE: 10.3168/jds.2008-1123.

Besstremyannaya, G. (2013). The impact of Japanese hospital financing reform on hospital efficiency. Japanese Economic Review. Vol.64, No.3, pp.337–362.

Cabrera, V. Solís, D. Del Corral, J. (2010). Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin, American Dairy Science Association, 93:387–393, DOI CODE: 10.3168/jds.2009-2307.

Chang, H. Mishra, A. (2013). Does the Milk Income Loss Contract program improve the technical efficiency of US dairy farms? American Dairy Science Association, 94:2945–2951, 2011, DOI CODE: 10.3168/jds.2010-4013.

Comerón, E. (2012). Eficiencia de los sistemas lecheros a pastoreo y algunos factores que pueden afectarla. *Documento de campo, INTA Rafaela*, 14, 2012.

ESPAC. (2017). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC, 2017. Base de Datos disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.

Guevara Viera, R.V., Pedro E. Nieto Escandón, Carlos S. Torres Inga, Guillermo E. Guevara Viera, Yolanda M. Aguilar Valladares, Víctor G. Serpa García, Mariela A. Once Yanza, Diego A. López Alvarado, Luis E. Ayala Guanga, Yury A. Murillo Apolo, Paola J. Lascano Armas, Cristian N. Arcos Álvarez, Jhony F. Carmilema Asmal, Lino M. Curbelo Rodríguez. (2018). Producción de leche como respuesta a la fertilización y riego en ganaderías de ecosistemas andinos en Ecuador - Milk production in response to fertilization and irrigation in andean ecosystem farms in Ecuador. REDVET. Volumen 19 N° 5 -ISSN 1695-7504, 2018.

Guevara, R.V, Guevara, G.E., Torres, C.S. (2017). Sistemas lecheros en los trópicos. En resúmenes de: Conferencia en II Congreso de Ganadería, Universidad de Cuenca, Ecuador, Octubre 3 al 6, 2017. 11pp

Guevara, R.V; Martini, A; Lotti, C; Curbelo, L; Guevara, G.E; Lascano, P; Arcos,C., Álvarez, M. C, Torres, C., Chancusig, F., Armas,J., Serpa, V.G., Bastidas, H. (2016). Milk production and sustainability of the dairy livestock systems with a high calving concentrate pattern at the early spring, Red Vet, Vol 17, No 5, 6pp.

Hailu, G., Jeffrey, S. and Unterschultz, J. (2005). Cost Efficiency for Alberta and Ontario Dairy Farms: An Interregional Comparison May. Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d agroéconomie 53(2-3)., DOI: 10.1111/j.1744-7976.2005.00314.x.

Herrera, J. A., Grisel Barrios, and J. O. Flores. (2013). Efficiency in dairy units through data envelopment analysis. Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 47, Number 2, pp. 137-142, 2013.

Jiang, N., Sharp, B. (2014). Cost Efficiency of Dairy Farming in New Zealand: A Stochastic Frontier Analysis. Agricultural and Resource Economics Review 43, 406-418.

Kelly, E. Shalloo, I. Geary, U. Kinsella, A. Thorne, F. Wallace, M. (2013). An analysis of the factors associated with technical and scale efficiency of Irish dairy farms. International Journal of Agricultural Management, Volume 2 Issue. 3 DOI CODE: 10.5836/ijam/2013-03-04, 2013.

MAGAP.(2016). Ministerio de agricultura y ganadería. Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-provincial/file/592-reporte-de-resultados-del-censo-provincial-completo> de 2016.

Moreira, V. H. and B. E. Bravo-Ureta. (2016). Total factor productivity change in dairy farming: Empirical evidence from southern Chile. American Dairy Science Association. 99:1–9, 2016. DOI CODE: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11055>.

Requelme, Narcisa y Nancy Bonifaz. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. La Granja, Revista de ciencias de la vida, 15(1): 55-69, 2012.

Simar, L. and Wilson, P. (2011). Two-stage DEA: caveat emptor. Journal of Productivity Analysis. Vol.36, pp.205–218, 2011.

Theodoridis, A. Ragkos, A. Roustemis, D. Galanopoulos, K. Abas, Z. Sinapis, E. (2012). Assessing technical efficiency of Chios sheep farms with data envelopment analysis, Small Ruminant Research, 107,85–91,2012. DOI CODE: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.05.011>.

Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., Vera, R. (2010). Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción. Documento de trabajo 13, Grupo ECO-6. Producción animal y gestión de empresas 1, 1-55, 2010.

Torres-Inga, C. S. Guevara G.V., Guevara R.V. y Aguirre A. J. (2016). Eficiencia técnica de la producción lechera en granjas bovinas de los Andes centrales. IV Congreso Internacional de Economía: Equidad, Desarrollo Regional y Política Económica. Universidad de Cuenca. Cuenca. Ecuador, 2016.

Torres-Inga, C. S. Guevara G.V., Guevara R.V. y Aguirre A. J. (2016). Modelación no paramétrica para la eficiencia técnica de la producción lechera en granjas bovinas de la sierra andina. II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología, CTEC 2016, Universidad Técnica de Machala, UTMACH. Machala. Ecuador, 2016.

Torres-Inga, C. S.; López-Crespo, G.; Guevara-Viera, R.V.; Narváez-Terán, J; Serpa-García, G; C Guzmán-Espinoza, C., Guevara-Viera, G.; Aguirre, A. Javier. (2019). Eficiencia técnica en granjas lecheras de la sierra andina mediante modelación con redes neuronales, Revista de Producción Animal (ISSN 2224-7920) Volumen 31, 2019.

Torres-Inga, C.S., Guevara-Viera, G.E., Guevara-Viera, R.V., Aguirre de Juana, A.J. (2018). Factores de eficiencia técnica en explotaciones ganaderas de montaña mediante el uso del análisis envolvente de datos. CIER XII, Segovia, España, 4-6 de julio, 2018.

**Recibido: 24/08/2021**

**Aceptado: 12/11/2021**