

Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal, ISSN 2602-8220, Vol 6, No 3, 2022

Agroecosistemas, fuerza laboral, diversificación y tamaño de finca en la eficiencia técnica de sistemas lecheros (Artículo de Revisión).

Carlos S. Torres Inga²; Ángel E. Ceró Rizo¹; Guillermo E. Guevara Viera²; Raúl V. Guevara Viera²; Luis G. Cabrera Vázquez²

¹Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Camagüey, Cuba

²Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. C.P. 010220.

Correo electrónico del autor para correspondencia:

santiago.torres84@ucuenca.edu.ec, **ORCID del Autor para correspondencia:**

Carlos S. Torres Inga¹: <http://orcid.org/0000-0001-6379-4926>

Correo del autor: angel.cero@ucuenca.edu.ec

Correo del autor: guillermo.guevara@ucuenca.edu.ec, **ORCID del autor:** <http://orcid.org/0000-0003-3832-9090>

Correo electrónico del autor: raul.guevara@ucuenca.edu.ec, **ORCID del autor:** <http://orcid.org/0000-0002-1084-3138>

Correo electrónico del autor: geovanny.cabrera@ucuenca.edu.ec, **ORCID del autor:** <https://orcid.org/0009-0003-9910-8088>

Resumen

Esta revisión sistemática de la literatura integra los hallazgos de los estudios existentes sobre la eficiencia técnica (ET) en granjas lecheras, una clasificación de la literatura anterior que proporciona la base para la síntesis. Se revisaron sistemáticamente 57 estudios de investigación con encuestas con procedimientos rigurosos. La revisión se aplica a la investigación de la encuesta publicada. Se vincula el contexto socio-económico ambiental, las entradas al sistema y los productos con las variables que miden eficiencia. No hubo acuerdo entre los autores sobre el contexto y los determinantes de ET y EEs. Los principales determinantes fueron la ubicación geográfica, el tamaño de la finca, las

inversiones en atención veterinaria, las prácticas de alimentación y ordeño y las técnicas de estimación del de la ET, las políticas públicas y las variables relacionadas con la gestión. Las implicaciones para los productores de leche y los investigadores cierran la revisión. Una característica relevante que surge de la literatura es la falta de consenso con respecto a las técnicas de medición y determinantes de la ET, que sigue siendo un debate abierto. El hecho de que los datos se recopilaron en un período de casi 30 años en todos los continentes, refuerza la probabilidad de heterogeneidad entre las muestras y esto podría ser un fuerte argumento a favor cambios en la eficiencia y para generar una discusión exploratoria basada en evidencias de los estudios y no dejar de tomar en cuenta los factores aquí discutidos.

Palabras clave: ganadería, contexto, sostenibilidad, métodos, economía

Abstract

This systematic review of the literature integrates the findings of existing studies on technical efficiency (TE) in dairy farms, a classification of the previous literature that provides the basis for the synthesis. We systematically reviewed 57 research studies with surveys with rigorous procedures. The revision is applied to the investigation of the published survey. The socio-economic environmental context is linked, the inputs to the system and the products with the variables that measure efficiency. There was no agreement between the authors on the context and the determinants of TE and EEs. The main determinants were the geographical location, the size of the farm, investments in veterinary care, feeding and milking practices and techniques for estimating the TE, public policies and variables related to management. The implications for milk producers and researchers close the review. A relevant characteristic that emerges from the literature is the lack of consensus regarding the measurement techniques and determinants of TE, which remains an open debate. The fact that the data was collected over a period of almost 30 years in all continents, reinforces the probability of heterogeneity between the samples and this could be a strong argument in favor of changes in the efficiency and to generate an exploratory discussion based on evidences of the studies and not fail to take into account the factors discussed here.

Keywords: livestock, context, sustainability, methods, economics

Introducción

En esta conferencia se revisan 57 estudios de investigación con encuestas. Se vincula el contexto socio-económico ambiental de las granjas lecheras, las entradas al sistema y los productos con las variables que miden eficiencia. No hay acuerdo entre los autores sobre el contexto y los determinantes de ET y EEs. Los factores determinantes que se examinan en esta revisión son la ubicación geográfica, el clima, la edad del ganadero, el sexo del productor, su nivel educacional, el uso de la tierra y el tamaño de la finca, para lograr sostenibilidad y las necesarias futuras investigaciones (Jiang y Sharp, 2014; Torres et al., 2016; Guevara et al., 2019).

Para Coll y Blasco (2006) la eficiencia económica (o global) puede ser descompuesta en eficiencia técnica y asignativa, lo que demuestra que se emplean indistintamente los conceptos eficiencia económica y eficiencia productiva; ambos conceptos engloban al de eficiencia técnica. Por lo tanto, la eficiencia técnica se refiere a la habilidad de obtener el máximo producto posible según factores de producción y un nivel de tecnología. En otros términos, la eficiencia técnica alude a la habilidad de producir en la frontera de posibilidades de producción.

La investigación sobre la eficiencia de las granjas ganaderas en los últimos 30 años, arrojó un número sustancial de estudios que muestran que los ganaderos lecheros pueden mejorar su desempeño por diferentes medios (Solís et al., 2009; Rouse et al., 2010; Jiang y Sharp, 2015; Torres et al., 2018). Tanto los productores como los responsables políticos se benefician directamente del análisis de la eficiencia. Este último puede utilizar los resultados para identificar, orientar y lograr intervenciones que mejoren la productividad y competitividad del sector lácteo (Solís et al., 2009). La definición de ET en este documento está tomada de Farrell (1957): la capacidad de las empresas para producir el máximo rendimiento posible con un paquete dado de insumos o la capacidad de las empresas para utilizar insumos mínimos para producir un nivel dado de producción.

El enfoque básico para medir el nivel de la eficiencia es estimar una frontera que envuelve todos los datos de entrada / salida con aquellos. Las observaciones que se encuentran en la frontera se describen como técnicamente eficientes. Cualquier firma o finca que este por debajo de la frontera se considera ineficiente. En una revisión reciente de 66

estudios en ET de granjas lecheras, los autores encontraron evidencia no concluyente de niveles de ET promedios según la estimación (Rouse et al., 2010). Con el método utilizado por este autor, para calcular la media de ET con modelos deterministas indicó un valor de 77.1 %, en comparación con el 80,6 por ciento para todos los métodos estocásticos, igualmente, los métodos paramétricos resultaron en media ET ligeramente inferior (78,8%) que las estimaciones no paramétricas (79,7%).

Un instrumento de importancia en la toma de decisiones, cuando se analizan problemas de escala, es la determinación de umbrales de rentabilidad o dimensión mínima, que cuantifica el número de unidades de producto que cubren los costos fijos, los costos variables de producción y los costos de comercialización. En el punto de equilibrio los costos fijos son cubiertos por la contribución marginal, por lo que a partir del mismo se verifican utilidades Y cobra importancia la capacidad sostenible de la empresa que le permite ser sostenible, sobretodo a partir de sus propios recursos (Torres et al., 2018).

En tales casos, se expresa el umbral como la superficie o las unidades productoras mínimas para cubrir el total de costos. En producción lechera además de la cantidad de vacas y superficie (Castignani et al, 2008; Torres et al., 2018), se ha empleado el volumen de producción (Bravo-Ureta et al., 2007; Toro et al., 2010; Jiang y Sharp, 2014). Un concepto ligado a la determinación de umbrales de rentabilidad es el de Unidad Económica Agrícola (UEA), como “todo predio que por su superficie, calidad de tierra, ubicación, mejoras y demás condiciones de explotación, racionalmente trabajada por una familia agraria que aporte la mayor parte del trabajo necesario, permita subvenir a sus necesidades y a una evolución favorable de la empresa”.

La superficie mínima que asegure la rentabilidad de la empresa agraria de dimensión familiar y asegure un proceso de reinversión que permita su evolución favorable es un criterio fundamental para la ET y EEs. En ambos casos se agregan al concepto de umbral de rentabilidad dos requisitos: el hecho de considerar a la familia agraria como principal aporte del trabajo y la evolución favorable de la empresa, ligado al proceso de reinversión que se asocia a un adecuado nivel de rentabilidad. Las salidas son generalmente las cantidades de leche u otros productos o el valor monetario de ingresos generados por la leche o por otros productos (Barnes et al., 2011; Mugerá, 2013; Latruffe et al., 2012). Las

unidades de análisis para esta revisión son las granjas lecheras. Todas las variables de la unidad de análisis se pueden utilizar tanto para medir como para explicar ET y EEs. El mayor número de casos se puede observar para Europa occidental (17), seguida de América del Norte (Estados Unidos y Canadá, 8), América Latina (12), Europa del Este y Oceanía (14), Asia (cinco) y África (uno).

En la determinación de las fronteras de producción existe una división inicial primordial, que separa a los modelos en determinísticos y estocásticos, a continuación detallaremos cada uno de ellos, además de los submodelos pertenecientes a cada grupo. Una diferencia básica entre fronteras de producción determinísticas y estocásticas, es que mientras las primeras pueden ser resueltas tanto por programación matemática como por aproximaciones econométricas, las estocásticas sólo pueden ser estimadas por medio de técnicas econométricas.

Las variables fueron la ubicación geográfica de las fincas que operan en entornos con diferentes climas (Rouse et al., 2010) o condiciones de altitud y con diferente calidad del suelo (Latruffe et al., 2004) y que tienen diferentes cualidades de capital humano en términos de capacitación educativa (Santos et al., 2005; Chang y Mishra, 2011), tienen ET y EEs variadas. Además, al utilizar los resultados de ET, se encontró que los agentes de extensión de sistemas lecheros y las políticas públicas de servicios de extensión podrían detectar los problemas que impiden que las fincas logren plena eficiencia. Al estudiar estas prácticas de gestión, la eficiencia y el rendimiento podrían ser mejoradas mediante la capacitación de los agricultores con valores superiores a 40 % como los reportados en varios estudios de sistemas ganaderos (Sousa et al., 2012; Jiang y Sharp, 2014).

Una gran proporción de los lecheros de Nueva Zelanda son técnicamente eficientes. Estudios previos han observado en productores lecheros, que la eficiencia de la granja difiere según la región debido a las diferencias en la calidad del suelo, el clima geográfico, la actitud y las prácticas agrícolas (Angón et al., 2013; Dong et al. 2016).

Tabla 1.- Factores relacionados con las Variables de Ubicación y Ambiente, Edad Sexo y Educación del Ganadero y sus efectos en la Eficiencia Técnica (ET) y de Escala (EEs) en granjas lecheras.

FACTORES	EFICIENCIA TÉCNICA (%)	EFICIENCIA DE ESCALA (%)	CASOS EN ANÁLISIS	SIGNIFICACIÓN	AUTORES
UBICACIÓN	36-51	61-65	18	(72 % NS, 28%*)	10 ^a
AMBIENTE	27-45	73-81	22	(63 % NS, 37%*)	7
EDAD	33-39	80-87	10	(82 % NS, 18%*)	9
EDUCACIÓN	21-28	73-78	8	(52 % NS, 48%*)	11
SEXO	27-33	66-81	6	(85 % NS, 15%*)	6

^a**Llanuras Costeras y Sabánas, Trópico Bajo, Trópico Alto, Praderas templadas, Laderas, Semidesierto y ecosistemas peculiares como las Pampas y otros.** Haghiri et al. (2004), Latruffe et al. (2004, 2005), Moreira y Bravo-Ureta (2010), Rouse et al. (2010), Del Corral et al. (2011) y Areal et al. (2012) y Shortall y Barnes (2013). **Edad, Educación y Sexo.** Latruffe et al. (2005), Gonçalves et al. (2008), Kumbhakar et al. (2009), Bardhan y Sharma (2013), Gonçalves et al. (2008), Chang y Mishra (2011), Ma et al. (2012), Jiang y Sharp (2014).

Tabla 2.- Factores relacionados con las Variables de Uso de la Tierra y Tamaño de la Finca y sus efectos en la Eficiencia Técnica (ET) en granjas lecheras.

FACTORES	EFICIENCIA TÉCNICA (%)	EFICIENCIA DE ESCALA (%)	CASOS EN ANÁLISIS	SIGNIFICACIÓN	AUTORES
Uso de la tierra	36-51	61-65	18	(86 % NS, 14 %*)	14 ^b
Tamaño de Finca	33-39	80-87	10	(73 % NS, 27%*)	14

^b**Uso de la Tierra.** Nascimento (2012) y Bardhan y Sharma (2013), Gelan y Muriithi (2012), Van der Voort et al. (2014), Areal et al. (2012) y Van der Voort et al. (2014). **Tamaño de Finca.** Tauer (2001); Gonçalves et al. (2008), Nehring, Gillespie, Sandretto y Hallahan (2009), Shortall y Barnes (2013), Gonçalves et al. (2008), Jiang y Sharp (2014).

Se publicaron artículos sobre granjas lecheras y las principales conclusiones de los autores se relacionan con los determinantes de la eficiencia de las granjas lecheras como el área, calidad del suelo, potencial animal y el nivel de insumos (Jiang y Sharp, 2014; Guevara et al., 2019; Torres et al., 2018). La Información contextual que pertenece al entorno externo de las granjas lecheras, tales como países y ubicación geográfica dentro del país e incluso ecosistema agrícola, las características socioeconómicas (nivel de ingresos, edad y educación), infraestructura, recursos humanos, tecnología, políticas públicas y desarrollo, son influyentes en las entradas y salidas de ET. Los más encontrados en los insumos son tamaño (medido de manera diferente, por ejemplo, número de vacas y tierras), capital y producción técnicas por ejemplo, alimentación y controles veterinarios.

La eficiencia técnica de una granja determinada es la relación entre la producción observada y la producción eficiente esperada si la granja utiliza su nivel de insumos de la manera más eficiente (Kumbhakar et al. 2015; Koirala et al. 2016).

Gelan y Muriithi (2012), Barnes et al. (2011) y Van der Voort et al. (2014) y no encontraron una relación estadísticamente significativa entre las granjas por ubicación y la media de ET y EEs, iguales resultados reportan otros autores para este factor y el ambiente (Kumbhakar et al., 1991; Hansson y Ohlmer, 2008; Shortall y Barnes, 2013). Lo mismo se aplica a educación, que no fue significativa relacionado con el rendimiento medido por la media ET en varios estudios (Latruffe et al., 2004; D'Haese et al., 2009; Gelan y Muriithi, 2012; Nascimento et al., 2012; Bardhan y Sharma, 2013) pero en algunos sistemas analizados si son determinantes de alta eficiencia (Shortall y Barnes, 2013; Ma et al., 2012 y Jiang y Sharp, 2014).

El hecho de que los resultados contradictorios se informan en la literatura de forma consistente en los últimos 30 años, impulsó la siguiente propuesta de investigación: Granjas lecheras situadas en un clima y altitud geográfica favorable (Trópico Alto) con condiciones adecuadas. La calidad del suelo, su uso diferenciado por cultivo y los recursos humanos calificados según Del Corral et al. (2011) y Magalhaes et al. (2012) tienen gran influencia en la ET y se pueden alcanzar valores superiores a 70%. Otro hallazgo discutible en buena medida, informa sobre las relaciones entre la aplicación de

las políticas, el nivel de educación y la intervención de la extensión rural y/o consultores, asesoría en reproducción y los valores de ET (Shortall y Barnes, 2013; Guevara et al., 2018; Torres et al., 2018).

Las granjas lecheras ubicadas en contextos con políticas de asistencia técnica que favorecen las prácticas de ordeño tienen alta ET. Otro factor determinante se relacionó con el tamaño de la finca, incluido como insumos, medido por el número de vacas y por número de hectáreas (Álvarez y Arias, 2004; Haghiri et al., 2004; Torres et al., 2018). Van der Voort et al. (2014) no encontró una relación significativa entre el tamaño de la finca y la ET.

Igualmente importante, Haghiri et al. (2004) y Cabrera et al. (2010) no encontraron que el tamaño de las fincas en hectáreas fuera estadísticamente pertinente. No obstante, la gran mayoría de los estudios que se informan bajo las etiquetas de la granja según el tamaño y las vacas, mostraron una relación positiva entre el tamaño de las fincas y la media de ET, lo que hizo suponer que las granjas lecheras grandes tienen mayor ET y EEs que las granjas más pequeñas y esto se demostró en las fusiones por hipotecas de los años 90 en USA, donde estas uniones llegaron a ser más eficientes (Cabrera et al., 2010; Guevara et al., 2018; Torres et al., 2018).

La falta de una relación directa entre tamaño y ET puede deberse a la mediación o moderación por la asociación entre tamaño e inversiones en sanidad animal, prácticas de alimentación eficientes como el racionamiento programado por el potencial animal, también los galpones de leche modernos e incluso el PRV aplicado en forma consistente (Luening, 2010; Chang y Mishra, 2011; Ma et al., 2012).

Granjas con mejor salud financiera y más intensificación, por ejemplo, menor deuda por vaca y presión financiera por la deuda para inversión (Luening, 2010; Areal et al., 2012; Bell y Wilson, 2018) o con más inversiones por vaca o con un mayor uso de los servicios agrícolas, tales como extensión, nutricionista y servicios veterinarios están en mejor dinámica de ET y con un ciclo de vida más favorable (Chang y Mishra, 2011; Baldini et al., 2017).

En general, las granjas de gran tamaño invertirían más fácilmente en capital humano, sanidad animal y servicios agrícolas y otros aspectos que también pueden afectarla son los indicadores y tipos de análisis estadísticos (número de variables incluidas en la regresión), técnicas de medición y calidad, organización de los datos y su colección.

La relación negativa entre la eficiencia y el tamaño de la granja también podría reflejar la complejidad adicional de administrar un conjunto más amplio de recursos, lo que es consistente con los resultados de Abdulai y Tietje (2007), quienes descubrieron una relación positiva entre el tamaño de la granja y la ineficiencia técnica para Alemania. Por el contrario, Heshmati y Kumbhakar (1994); Keizer y Emvalomatis (2014); Uddin et al. (2014); Callow et al. (2004); Cowan (2005) y Jiang y Sharp (2014) no encontraron una relación significativa entre el tamaño de la granja y la eficiencia técnica en Suecia, Holanda, Bangladesh; Australia y Nueva Zelanda, respectivamente.

De acuerdo con estudios previos de Cowan (2005) y Balcombe et al. (2006) para Australia y Jiang y Sharp (2014) para Nueva Zelanda, la eficiencia técnica tiende a aumentar con el aumento del tamaño del hato. Los hallazgos de que la eficiencia técnica es menor para las granjas más grandes, pero mayor para los rebaños más grandes sugieren que la eficiencia técnica es mayor para los sistemas agrícolas más intensivos. Los hallazgos de esta revisión sugieren un nivel más bajo de eficiencia técnica que los resultados de Jaforullah y Whiteman (1999), quienes registraron una eficiencia técnica promedio del 89% y Jiang y Sharp (2014) que encontraron un puntaje alto de eficiencia técnica en análisis de granjas lecheras en Nueva Zelanda.

Sin embargo, cabe señalar que Jaforullah y Whiteman (1999) utilizaron datos de corte transversal en su análisis, lo que puede explicar algunas de las diferencias. Un estudio reciente de Jiang y Sharp (2014) encontró que la eficiencia técnica media para las granjas lecheras en la Isla del Sur (81.96 por ciento) fue mayor que la de las granjas en la Isla del Norte (69.52 por ciento).

Ma et al (2018) encontraron en los sistemas lecheros de la Isla del Sur más eficientes técnicamente que sus contrapartes en la Isla del Norte, con puntajes de eficiencia técnica de 0.830 y 0.777, respectivamente. El tamaño de la granja y el tamaño del hato, también

tienen efectos significativos en la eficiencia técnica de las granjas lecheras en Nueva Zelanda.

Conclusiones

Las implicaciones para los productores de leche y los investigadores cierran la revisión. Una característica relevante que surge de la literatura es la falta de consenso con respecto a las técnicas de medición y determinantes de la ET, que sigue siendo un debate abierto. El hecho de que los datos se recopilaban en un período de casi 30 años en todos los continentes, refuerza la probabilidad de heterogeneidad entre las muestras y esto podría ser un fuerte argumento a favor cambios en la eficiencia y para generar una discusión exploratoria basada en evidencias de los estudios y no dejar de tomar en cuenta los factores aquí discutidos.

Referencias bibliográficas

Ahmad, M. and Bravo-Ureta, B.E. (1996), "Technical efficiency measures for dairy farms using panel data: a comparison of alternative model specifications", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7 No. 4, pp. 399-415.

Álvarez, A. and Arias, C. (2004). "Technical efficiency and farm size: a conditional analysis, *Agricultural Economics*, Vol. 30 No. 3, pp. 241-250.

Angón, E., García, A., Perea, J., Acero, R., Toro-Mújica, P., Pacheco, H. and González, A. (2013). Technical efficiency and viability of grazing dairy cattle systems in La Pampa, Argentina", *Agrociencia*, Vol. 47 No. 5, pp. 443-456.

Areal, F.J., Tiffin, R. and Balcombe, K.G. (2012). "Provision of environmental output within a multi-output distance function approach", *Ecological Economics*, Vol. 78 No. 1, pp. 47-54.

Bailey, D., Biswas, B., Kumbhakar, S.C. and Schulthies, B.K. (1989). "An analysis of technical, allocative, and scale inefficiency: the case of Ecuadorian dairy farms", *Western Journal of Agricultural Economics*, Vol. 14 No. 1, pp. 30-37.

Balcombe, K., Fraser, I. and Kim, J.H. (2006). "Estimating technical efficiency of Australian dairy farms using alternative frontier methodologies. *Applied Economics*, Vol. 38 No. 19, pp. 2221-2236.

Baldini, C., Gardoni, D., Guarino, M. (2017). A critical review of the recent evolution of life cycle assessment applied to milk production. *J. Clean. Prod.* 140, 421e435.

Bardhan, D. and Sharma, M.L. (2013). "Technical efficiency in milk production in underdeveloped production environment of India", *SpringerPlus*, Vol. 2 No. 1, pp. 1-7.

Barnes, A.P. (2008). "Technical efficiency estimates of Scottish agriculture: a note", *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 59 No. 2, pp. 370-376.

Barnes, A.P., Rutherford, K.M.D., Langford, F.M. and Haskell, M.J. (2011). "The effect of lameness prevalence on technical efficiency at the dairy farm level: an adjusted data envelopment analysis approach", *Journal of Dairy Science*, Vol. 94 No. 11, pp. 5449-5457.

Bell, M.J., Wilson, P. (2018). Estimated differences in economic and environmental performance of forage-based dairy herds across the UK. *Food Energy Secur* 7, 1e12. <https://doi.org/10.1002/fes3.127>.

Bravo-Ureta, B.E., Moreira, V.H., Arzubi, A.A., Schilder, E.D., Álvarez, J. and Molina, C. (2008). "Technological change and technical efficiency for dairy farms in three countries of South America", *Chilean Journal Agricultural Research*, Vol. 68 No. 4, pp. 360-367.

Bravo-Ureta, B.E., Solís, D., Moreira López, V.H., Maripani, J.F., Thiam, A. and Rivas, T. (2007). "Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 27 No. 1, pp. 57-72.

Cabrera, V.E., Solís, D. and Del Corral, J. (2010). "Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin", *Journal of Dairy Science*, Vol. 93 No. 1, pp. 387-393.

Chang, H.H. and Mishra, A.K. (2011). "Does the milk income loss contract program improve the technical efficiency of US dairy farms?", *Journal of Dairy Science*, Vol. 94 No. 6, pp. 2945-2951.

Del Corral, J., Perez, J.A. and Roibas, D. (2011). "The impact of land fragmentation on milk production", *Journal of Dairy Science*, Vol. 94 No. 1, pp. 517-525.

DHaese, M., Speelman, S., Alary, V., Tillard, E. and D'Haese, L. (2009). "Efficiency in milk production on Reunion Island: dealing with land scarcity", *Journal of Dairy Science*, Vol. 92 No. 8, pp. 3676-3683.

Farrell, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120 No. 3, pp. 253-290.

Gelan, A. and Muriithi, B.W. (2012). "Measuring and explaining technical efficiency of dairy farms: a case study of smallholder farms in East Africa", *Agrekon*, Vol. 51 No. 2, pp. 53-74.

Hallam, D. and Machado, F. (1996), "Efficiency analysis with panel data: a study of Portuguese dairy farms", *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 23 No. 1, pp. 79-93.

Hansson, H. (2007), "Strategy factors as drivers and restraints on dairy farm performance: evidence from Sweden", *Agricultural systems*, Vol. 94 No. 3, pp. 726-737.

Hansson, H. and Öhlmér, B. (2008), "The effect of operational managerial practices on economic, technical and allocative efficiency at Swedish dairy farms", *Livestock Science*, Vol. 118 No. 1, pp. 34-43.

Heshmati, A. and Kumbhakar, S.C. (1994), "Farm heterogeneity and technical efficiency: some results from Swedish dairy farm", *Journal Productivity Analysis*, Vol. 5 No. 1, pp. 45-61.

Jaforullah, M. and Whiteman, J. (1999), "Scale efficiency in the New Zealand dairy industry anon-parametric approach", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 43 No. 4, pp. 523-541.

Jiang, N. and Sharp, B. (2014), "Cost efficiency of dairy farming in New Zealand: a stochastic frontier analysis", *Agricultural and Resource Economics Review*, Vol. 43 No. 3, pp. 406-418.

Keizer, T.H. and Emvalomatis, G. (2014), "Differences in TFP growth among groups of dairy farms in the Netherlands. NJAS, Wageningen Journal of Life Sciences, Vol. 70 No. 1, pp. 33-38.

Kumbhakar, S.C. and Heshmati, A. (1995), "Efficiency measurement in Swedish dairy farms: an application of rotating panel data, 1976-88", *American Journal Agricultural Economics*, Vol. 77 No. 3, pp. 660-674.

Kumbhakar, S.C., Tsionas, E.G. and Sipiläinen, T. (2009), "Joint estimation of technology choice and technical efficiency: an application to organic and conventional dairy farming", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 31 No. 3, pp. 151-161.

Latruffe, L., Balcombe, K., Davidova, S. and Zawalinska, K. (2005), "Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: does specialization matter?", *Agricultural Economics*, Vol. 32 No. 3, pp. 281-296.

Latruffe, L., Fogarasi, J. and Desjeux, Y. (2012), "Efficiency, productivity and technology comparison for farms in central and Western Europe: the case of field crop and dairy farming in Hungary and France", *Economic Systems*, Vol. 36 No. 2, pp. 264-278.

Ma, H., Oxley, L., Rae, A., Fan, C., Huang, J. and Rozelle, S. (2012), "The evolution of productivity performance on Chinas dairy farms in the new millennium", *Journal of Dairy Science*, Vol. 95 No. 12, pp. 7074-7085.

Magalhães, K.A. and Campos, R.T. (2006), "Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no Estado do Ceará, Brasil", *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 44 No. 4, pp. 695-711.

Moreira López, V.H. (2006), "Dairy farm technical efficiency and milk total factor productivity growth in three South American countries", Dissertation, University of Connecticut, Storrs, CT, 162pp.

Moreira López, V.H. and Bravo-Ureta, B.E. (2010), "Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three southern cone countries: a stochastic meta-frontier model", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 33 No. 1, pp. 33-45.

Mugera, A.W. (2013), "Measuring technical efficiency of dairy farms with imprecise data: a fuzzy data envelopment analysis approach", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 57 No. 4, pp. 501-520.

Nascimento, A.C.C., de Lima, J.E., Braga, M.J., Nascimento, M. and Gomes, A.P. (2012), "Eficiência técnica da atividade leiteira em Minas Gerais: uma aplicação de regressão quantílica", *Revista Brasileira de Zootecnia*, Vol. 41 No. 1, pp. 783-789.

Nehring, R., Gillespie, J., Sandretto, C. and Hallahan, C. (2009), "Small US dairy farms: can they compete?", *Agricultural Economics*, Vol. 40 No. S1, pp. 817-825.

Santos, J.A., da Cruz Vieira, W. and dos Santos Baptista, A.J.M. (2005), "Eficiência Técnica em Propriedades Leiteiras da Microrregião de Viçosa-MG: uma análise não-paramétrica", *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Vol. 7 No. 2, pp. 162-172.

Shortall, O.K. and Barnes, A.P. (2013), "Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers", *Ecological Indicators*, Vol. 29 No. 1, pp. 478-488.

Sousa, L.O.D., Campos, S.A.C. and Gomes, M.F.M. (2012), "Technical performance of milk producers in the state of Goiás, Brazil, in the short and long terms", *Revista Brasileira de Zootecnia*, Vol. 41 No. 8, pp. 1944-1950.

Uddin, M.M., Brümmer, B. and Peters, K.J. (2014), "Technical efficiency and metatechnology ratios under varying resource endowment in different production systems: a stochastic metafrontier model in Bangladesh dairy farms", *China Agricultural Economic Review*, Vol. 6 No. 3, pp. 485-505.

Van Der Voort, M., Van Meensel, J., Lauwers, L., Vercruyse, J., Van Huylenbroeck, G. and Charlier, J. (2014), "A stochastic frontier approach to study the relationship between gastrointestinal nematode infections and technical efficiency of dairy farms", *Journal of Dairy Science*, Vol. 97, No. 6, pp. 3498-3508.

Recibido: 15/ enero /2022

Aceptado: 18/ septiembre /2022