

Determining management factors in dairy farms in Carchi, Ecuador

Factores de gestión determinantes en las explotaciones lecheras de la provincia de Carchi, Ecuador

G. Terán Rosero¹ and Raúl Cobo Cuña²

¹Universidad Politécnica Estatal del Carchi

²Instituto de Ciencia Animal

Email: gustavo.teran@upec.edu.ec

This study has the objective of determining management variables that characterize dairy farms in Carchi province, Ecuador, through the study of production factors. Management variables were analyzed, which are infrastructure, equipment, biosafety and hygienic measures, use and quality of water, animal health and welfare, milking and milk management in each dairy farm. This study was conducted with information from 212 in 394 dairy farms. An optimal scaling of considered qualitative variables was performed. Later, factors that characterize each dairy farm were discovered through the analysis of main components and, finally, the found groups are studied with the application of the analysis of clusters. Data for analysis were taken from the primary research in dairy farms from Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). There were evidences to confirm that there are no good management practices in dairy farms of this province. This study reached a multivariate characterization and demonstrated that the application of different statistical methods allows to establish the bases to improve the process of decision-making and management, for dairy farms and for provincial authorities.

Key words: *analysis of main components, analysis of clusters, dairy farms*

In third world countries, where economic reality determines the development of productive processes, it is essential the analysis of each factor involved for obtaining the best possible results. The primary sector of economy (agriculture, fishing and mines), provides the highest percentage of GDP in underdeveloped countries.

In Ecuador, agriculture and cattle rearing are mainly productive activities for subsistence, from which many homes, mainly rural, depend on. Large scale or export agriculture is also important, which provided 12.96 % to national GDP during the period 1985–2005, while considering complementary sectors that constitute the called expanded agriculture, this mean increases in around 26 % (FAO & Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social del Ecuador 2011).

Carchi is the third province in Ecuador with the highest contribution to cattle rearing, within Zone 1 (SENPLADES 2013), being this the second more important activity of this region, with 36% of Carchi province population working in it. Therefore, the government proposes to strengthen its agricultural

El objetivo de este estudio fue evaluar las variables de gestión que caracterizan las explotaciones lecheras de la provincia Carchi, Ecuador, mediante el estudio de los factores de producción. Para ello, se analizaron las variables de gestión infraestructura, equipamiento, medidas higiénicas y bioseguridad, uso y calidad del agua, bienestar y salud del animal, ordeño y manejo de leche en cada explotación lechera. El estudio se realizó con la información del año 2012 en 394 explotaciones lecheras. Se realizó el escalamiento óptimo de las variables cualitativas consideradas y posteriormente se descubrieron los factores que caracterizan a cada explotación lechera mediante el análisis de componentes principales. Por último, se estudiaron los grupos mediante análisis de conglomerados. Los datos para el análisis se tomaron de la investigación primaria a las explotaciones lecheras por la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). Se encontraron evidencias para afirmar que no existen buenas prácticas de gestión en las explotaciones lecheras de la provincia. Con este trabajo se logró la caracterización multivariada y se demostró que la aplicación de diferentes métodos estadísticos permite establecer bases adecuadas para mejorar el proceso de toma de decisiones y gestión, en las explotaciones lecheras.

Palabras clave: *análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, entidades lecheras.*

En los países del tercer mundo, en los que las realidades económicas condicionan el desarrollo de los procesos productivos, es imprescindible el análisis de cada factor que se involucra para obtener los mejores resultados posibles. El sector primario de la economía (agricultura, pesca y minas) sigue aportando el mayor porcentaje al PIB del mundo subdesarrollado.

Ecuador es un país en el que la agricultura y la ganadería, mayoritariamente, son actividades productivas de subsistencia, de las que dependen muchos hogares, principalmente rurales. También es importante la agricultura a gran escala o la agricultura de exportación, que aportó al PIB nacional 12.96 % en el período 1985–2005. Al considerar los sectores complementarios, que constituyen la denominada agricultura ampliada, este promedio asciende a 26 %, aproximadamente (FAO y Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social del Ecuador 2011).

Carchi es la tercera provincia de Ecuador con mayor aporte a la ganadería en la zona 1 (SENPLADES 2013), siendo esta actividad la segunda más importante en esta región, a la que se dedica 36 % de la población de Carchi. Ante esta condición, el gobierno propone consolidar su

and productive vocation because it is the second more important activity, providing more than 64 millions of dollars to its economy, which represents 20 % of total production. There are 11,939 cattle farmers in Carchi. The agenda for the Transformación Productiva Territorial of Carchi, states the management of milk productive chain as a fundamental strategy, and, specifically, the implementation of improvement programs of business management and in production processes for increasing productivity of micro, small and medium enterprises (MCPEC 2011).

The main problems of small and medium farmers are related to their low productivity in dairy farms. However, there is still no base study in Carchi for characterizing which economic and productive factors are determinant in these farms. According to Vargas *et al.* (2015), in Pastaza province, factors determining productive efficiency of livestock systems are related to the implemented productive alternative, which determines the level of production; the characteristics of relief, which is related to environment degradation and dimensions of the system being exploited.

García (2004), Domínguez-Ruvalcaba (2005) and Celso-Arellano and Cortés-Fregoso (2010) emphasize the need of identifying production systems, which are the efficiency indicators that best characterize them and, consequently, seeking better options for solving problems or maintaining good results. In the case of primary sector of the economy, when analyzing production factors, special attention is required to know the details of land use, as well as variables related to labor, investments and aspects of administration. The latter include technology transfer, training and decision-making bases.

The objective of this study was to determine management variables that characterize dairy farms in the Carchi province, Ecuador, using production factors.

Materials and Methods

Data source is constituted by the research conducted in 394 dairy farms, through a survey with 32 variables (figure 1). It was conducted by the Universidad Politécnica Estatal of Carchi in 2012 to evaluate the performance of the main management and productive variables of dairy farms. Variables like management of infrastructure, equipment, hygiene and biosecurity measures, use and quality of water, animal welfare and health, milking and milk management in each dairy farm were considered. These categories analyze multiple factors together. Table 1 summarizes the number of surveys applied by cantons.

The list of dairy farms published by the Dirección Distrital Carchi of the Ministry of Agriculture and Livestock of Ecuador (MAGAP 2015) was considered as population. Sample size was determined by simple random sampling (Calero 1980 and Hernández-Sampieri *et al.*, 2006). An amount of 394 surveys was carried out

vocación agroproductiva, siendo esta la segunda actividad más importante en la provincia, que aporta más de 64 millones de dólares, lo que implica 20 % del total de producción. Los ganaderos existentes en Carchi suman 11939. La agenda para la Transformación Productiva Territorial de Carchi refiere, como una de las estrategias fundamentales, la gestión de la cadena productiva de la leche y, específicamente, la implementación de programas de mejoramiento de la gestión empresarial y de los procesos de producción para el incremento de la productividad de las micro, pequeñas y medianas empresas (MCPEC 2011).

Los principales problemas que se presentan para los pequeños y medianos agricultores tienen que ver con su baja productividad en las explotaciones lecheras. Sin embargo, aún no existe un estudio base en Carchi que caracterice qué factores económicos y productivos son los determinantes en dichas explotaciones. Según Vargas *et al.* (2015), en la provincia de Pastaza los factores que determinan la eficiencia productiva de los sistemas ganaderos están relacionados con la alternativa productiva adoptada, que determina el nivel de producción; las características del relieve del terreno, que se relaciona con la degradación del entorno y las dimensiones del sistema que se explota.

García (2004), Domínguez-Ruvalcaba (2005) y Celso-Arellano y Cortés-Fregoso (2010) enfatizan en la necesidad de identificar en los sistemas de producción los indicadores de eficiencia que mejor los caracterizan y en consecuencia, buscar las mejores opciones para resolver los problemas o mantener los buenos resultados. En el sector primario de la economía, realizar el análisis de los factores de producción requiere conocer los detalles en el uso de la tierra, las variables relacionadas con la mano de obra, las inversiones y los aspectos de la administración. Estos últimos incluyen la transferencia de tecnologías, la capacitación y la toma de decisiones.

El objetivo de este estudio fue determinar las variables de gestión que caracterizan las explotaciones lecheras de la provincia Carchi, Ecuador, mediante el uso de los factores de producción.

Materiales y Métodos

La fuente de datos está constituida por la investigación a 394 explotaciones lecheras mediante una encuesta con 32 variables (figura 1), realizada por la Universidad Politécnica Estatal del Carchi en el año 2012 para evaluar el comportamiento de las principales variables de gestión y productivas de las explotaciones lecheras. Se consideraron las variables gestión de la infraestructura, equipamiento, medidas higiénicas y de bioseguridad, uso y calidad del agua, bienestar y salud del animal, ordeño y manejo de leche en cada explotación lechera. Estas categorías analizan en su conjunto múltiples factores. La tabla 1 resume la cantidad de encuestas aplicadas por cantones.

Se tuvo en cuenta como población el listado de las explotaciones lecheras, publicado por la Dirección Distrital Carchi del Ministerio de Agricultura y

Table 1. Distribution of samples per cantons

Canton	Surveys	
	Amount surveys	%
Tulcán	155	39.34
Montufar	150	38.07
Espejo	57	14.47
Huaca	19	4.82
Mira	13	3.30
Total	394	100.00

Source: Self-production



Figure 1. Variables of survey

in the five cantons of the province. It was taken into account that there was representativeness by size and geographical location of all the existing dairy farms in the area.

In order to determine the sample size, the maximum likelihood criterion was applied, a default error value of 3.7 % and a confidence level of 95 % were considered. The statistical expression used the following (Snedecor and Cochran 1989):

Ganadería del Ecuador (MAGAP 2015) (figura 1) El tamaño de la muestra se determinó mediante muestreo aleatorio simple (Calero 1980 y Hernández-Sampieri *et al.* 2006). Se realizaron 394 encuestas en los cinco cantones de la provincia. Se cuidó que existiera representatividad por tamaño y ubicación geográfica de todas las explotaciones existentes en la zona.

Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicó el criterio de máxima verosimilitud, se consideró un valor de error prefijado de 3.7 % y nivel de confiabilidad de 95 %. Se utilizó la expresión estadística (Snedecor y Cochran 1989):

$$n = Z^2 \frac{N \times p \times q}{e^2 \langle N - 1 \rangle + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = (1.96)^2 \frac{899 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2 (899 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

n = 394

Where:

n= sample size

p= success probability

q= failure probability

N = population size

e = maximum permitted error

z= 1.96 that belongs to 95 % of trust level according to the normal distribution table

After calculating sample size, the number of surveys per canton was proportionally defined. Small, medium and large producers were included in the study. Information from surveys was tabulated in databases organized in Excel. The matrix of data had 32 variables (p) and 394 elements (n). Database was revised for removing atypical data. To summarize the information, multivariate analysis techniques known as main component analysis and cluster analysis were used (Cobo-Cuña 2014). All statistical processing was performed using SPSS® v.22 software (IBM Corporation 2013).

The found factors simplify the least number of variables that have a high correlation with the component.

Results and Discussion

The general adequacy analysis or Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) coefficient was applied obtaining a measure of sample adequacy of 0.683, evaluated as mediocre (Kaiser 1970, 1974). Nevertheless, it is valid for the work performed. From the correlation matrix, a determinant of 0.042 and a Bartlett sphericity test of 4388 with 703 degrees of freedom and $p < 0.001$ were obtained. These statistics indicate that the analysis of main components is feasible, since there is enough common variance among the observed variables to allow their grouping in linear combinations of correlated variables. The main component matrix was rotated by the Varimax orthogonal rotation procedure. This procedure seeks better simplicity in the solution, since the variance of the square factorial coefficients in each main component is considered maximum, so that uncorrelated factors are obtained (table 2).

After the analysis of main components, the hierarchical cluster analysis is carried out to determine the appropriate number of groups.

Table 3 shows the association level of each cluster with the components using positive and negative signs, and the number of signs represent the strength of the association. The table is obtained with the information

$$n = Z^2 \frac{N \times p \times q}{e^2 \langle N - 1 \rangle + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = (1.96)^2 \frac{899 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2 (899 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

n = 394

Donde:

n= tamaño de la muestra

p= probabilidad de éxito

q= probabilidad de no éxito

N = tamaño población

e = error máximo admisible

z= 1.96 que corresponde al 95 % de nivel de confianza de acuerdo a la tabla de distribución normal

Luego de calcular el tamaño de la muestra, se procedió a definir de forma proporcionada el número de encuestas por cantón. Se consideró incluir en el estudio a los pequeños, medianos y grandes productores. La información obtenida de las encuestas se tabuló en bases de datos organizadas en hojas de cálculo de Excel. La matriz de datos tuvo una extensión de 32 variables (p) y 394 elementos (n). La base de datos fue revisada para eliminar datos atípicos. Para resumir la información se recurrió a las técnicas de análisis multivariado, denominadas análisis de componentes principales y análisis de clúster (Cobo-Cuña 2014). El procesamiento estadístico se realizó con el software SPSS® v.22 (IBM Corporation 2013).

Los factores encontrados se caracterizan por simplificar el menor número de variables que tengan alta correlación con la componente.

Resultados y Discusión

Se aplicó el análisis de suficiencia general o coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), con el que se obtuvo una medida de adecuación muestral de 0.683, evaluada como mediocre (Kaiser 1970, 1974), no obstante válida para el trabajo realizado. A partir de la matriz de correlaciones, se obtuvo un determinante de 0.042 y una prueba de esfericidad de Bartlett de 4388 con 703 grados de libertad y $p < 0.001$. Estos datos estadísticos indican que el análisis de componentes principales es factible, ya que existe la suficiente varianza común entre las variables observadas para permitir su agrupación en combinaciones lineales de variables correlacionadas. La matriz de componentes principales se rotó mediante el procedimiento de rotación ortogonal Varimax. Con este procedimiento, se busca mayor simplicidad en la solución, pues se considera máxima la varianza de los coeficientes factoriales cuadrados en cada componente principal, de modo que se obtienen factores no correlacionados entre sí (tabla 2).

Concluido el análisis de componentes principales, se procedió a realizar el análisis de conglomerado jerárquico, para determinar el número adecuado de agrupaciones.

En la tabla 3 se presenta el nivel de asociación de cada conglomerado con los componentes mediante signos

Table 2. Table of rotated main components

Component	Variables	Weight factor	Eigen value	Accumulated variance
Process control	Stabulation systems	0.86	3.34	24.18
	Control of forage conservation processes	0.84		
	Silvopature implantation	0.84		
	Forage production harvest	0.79		
Pasture and feeding control	Selection and application of feeding and nutrition techniques	0.83	3.10	33.57
	Determination of stocking rate of the UPA	0.79		
	Knowledge and definition of stabulation system or free grazing	0.75		
	Selection of raw matter	0.72		
Soil and paddock control	Application of alternative fertilization methods	0.85	3.00	42.14
	Selection, dosage and application of fertilizers in a technical manner	0.79		
	Soil analysis	0.75		
	Optimization of the use of irrigation in paddocks	0.62		
Paddock care management	Proportional mixture of grasses and legumes	0.82	2.33	47.40
	Implementation of paddocks according to production needs	0.76		
	Selection of grass seeds, regarding the zone	0.75		
Feeding management	Proper spaces for feeding troughs	0.79	2.22	52.45
	Proper storing of feed for cattle	0.78		
	All the animals obtain their daily feed ration	0.65		
Water use and care	There is a treatment for improving the quality of water	0.79	1.51	56.86
	The water is analyzed, at least, once a year	0.77		
Reinforced feeding	Use of harvest and some crop wastes for feeding cattle	0.72	1.42	60.72
	Use of prebiotics, whey, additives and some others	0.71		

Source: Statistical package Spss® v.22

of the Centers of the final conglomerates, assigning the signs according to the range that establishes the level of association in units of standard deviation.

Once clusters have been established, an analysis of each of them is carried out, crossing them with the variables under study and thus obtaining their typification.

As for the number of cases in each cluster, the largest clusters are 1 and 4, representing a 38 %, followed by 1 that constitutes 19 %, while cluster 4 has fewer cases with only 6 %.

Table 4 presents the classification by canton:

Cluster 1. This group prioritizes the use and care of water mainly because of the risk derived from its unavailability. However, when conditions are favorable, it does not plan its preservation nor does it take measures to prepare for dry period. On the other hand, it does not perform technical management of the dairy farm, it does not take care or divide paddocks, nor the feeding of the cattle. It means that, it has bad practices in the dairy farm. Montúfar canton has 48 dairy farms, being the

positivos y negativos. El número de signos evidencia la fuerza de la asociación. La tabla 3 es el resultado de la información de los centros de los conglomerados finales. Se asignan los signos de acuerdo con el rango que establece el nivel de asociación en unidades de desviación típica.

Una vez establecidos los conglomerados, se procede a realizar el análisis de cada uno de ellos con el cruce de las variables en estudio, y de esta forma obtener su tipificación. La tabla 4 presenta la tipificación por cantón.

En cuanto al número de casos en cada conglomerado, los más grandes fueron los conglomerados 1 y 4, que constituyeron 38 %, seguidos del 1 que constituyó 19 %. Mientras, el conglomerado 4 tuvo menos casos, con solo 6 %.

Conglomerado 1. Este grupo prioriza el uso y cuidado del agua, debido al riesgo que se deriva cuando no está disponible. Sin embargo, cuando las condiciones son favorables no se planifica su preservación ni se toman medidas para el período seco. No se realiza gestión técnica de la explotación lechera, no se cuidan ni dividen los potreros, tampoco la alimentación del ganado, por lo que las prácticas en la explotación lechera no son buenas. El

Table 3. Association level per cluster

Components	Cluster			
	1	2	3	4
Process control	-	++	--	--
Pasture and feeding control	--	++	--	++
Soil and paddock control	-	+	-	--
Paddock care management	-	-	+	++
Feeding management	--	++	-	-
Water use and care	++	+	--	+++
Reinforced feeding	--	+	-	+
Sign	Description			Range
+++	High positive association of the component with the cluster			(from 1.1 a 3)
++	Medium positive association of the component with the cluster			(from 0.11 a 1)
+	Low positive association of the component with the cluster			(from 0.01 a 0,1)
-	Low negative association of the component with the cluster			(from -0.01 a -0,1)
--	Medium negative association of the component with the cluster			(from -0.11 a -1)
---	High negative association of the component with the cluster			(from -1.1 a -3)

Table 4. Number of cases in each cluster and per canton

Cluster	Canton											
	Espejo		Huaca		Mira		Montúfar		Tulcan		Total	
	Number	Percentage	Number	Percentage	Number	Percentage	Number	Percentage	Number	Percentage	Number	Percentage
1	17	29.8%	3	15.8%	1	7.7%	48	32.0%	6	3.9%	75	19.0%
2	20	35.1%	11	57.9%	7	53.8%	53	35.3%	57	36.8%	148	37.6%
3	15	26.3%	5	26.3%	5	38.5%	41	27.3%	83	53.5%	149	37.8%
4	5	8.8%	0	0.0%	0	0.0%	8	5.3%	9	5.8%	22	5.6%
Total	57	100.0%	19	100.0%	13	100.0%	150	100.0%	155	100.0%	394	100.0%

Source: Statistical package Spss® v.22

largest number of units in this cluster being represented in large part in small farms.

Cluster 2. This group has the best practices because it controls exploitation processes, divides paddocks and manages feeding carefully. Montúfar and Tulcán canton have the largest number of dairy farms in this cluster, being 53 and 57 in the same order that are represented in a great part in small and medium dairy farms.

Cluster 3. This group of entities considers division of paddocks as an important factor for success, cares about grazing and conservation methods but has no technical knowledge for managing processes, soil control and management of cow feeding. In addition, it does not appreciate the benefits of water use and control. Tulcán canton has 83 dairy farms, being the largest number of units in this cluster, which is represented in a large part of small and medium farms.

Cluster 4. The entities of this group do not divide the paddocks nor control the processes, but emphasizes the use and care of water, pasture control,

cantón Montúfar tiene 48 explotaciones lecheras, siendo el mayor número de unidades de este conglomerado que se representa en una gran parte en explotaciones pequeñas.

Conglomerado 2. Este grupo es el que mejores prácticas realiza, ya que controla los procesos de la explotación, divide los potreros y gestiona el cuidado en la alimentación. Los cantones Montúfar y Tulcán tienen el mayor número de explotaciones en este conglomerado, siendo 53 y 57 respectivamente, lo que representa una gran parte en explotaciones pequeñas y medianas.

Conglomerado 3. Este grupo de entidades valora la división de los potreros como factor crítico de éxito, cuida del pastoreo y los métodos de conservación, pero no tiene conocimientos técnicos en el manejo de los procesos, el control del suelo y la gestión del cuidado de la alimentación de las vacas. Además, no valora los beneficios del uso y control del agua. El cantón Tulcán tiene 83 explotaciones lecheras, siendo el de mayor número de unidades de este conglomerado, representado en una gran parte por explotaciones pequeñas y medianas.

Conglomerado 4. Las entidades de este grupo no dividen los potreros ni controlan los procesos, pero ponen

and reinforced feeding of cattle. This cluster is very small, being the cantons Tulcán, Montufar and Espejo the only ones with units of this group with very few dairy farms.

Management variables that characterize dairy farms in Carchi province, through the study of production factors, are the control of processes in pastures, feeding, and land use. On the other hand, the management of paddock and water care. These variables contributed to the definition of each group exposed in the cluster analysis.

The previously mentioned variables should be the basis for decision-making by producers and authorities that define policies and pass development projects in the province of Carchi. The results of this study facilitate the adoption of strategies to support the strengthening of the sector responsible of milk production in the province.

Conclusions

The study showed that there are no good management practices in dairy farms in Carchi province. The results of the analysis of main components and clusters indicated, mostly, a lack of management, by owners and managers of dairy farms, in the control of usage processes, in the control of pastures and feeding, on care and controlled grazing systems and on the use and care of water.

The smallest dairy cluster, which represents 6 % of dairy farms in Carchi province, applies good livestock practices although it has no technical knowledge.

Multivariate analysis tools, main component analysis and cluster analysis are useful for understanding determinant factors of dairy farms and their performance in each cluster.

énfasis en el uso y cuidado del agua, control de pastos, y alimentación reforzada del ganado. Este conglomerado es muy pequeño, siendo los cantones Tulcán, Montúfar y Espejo los únicos que tienen unidades de este grupo con muy pocas entidades lecheras.

Las variables de gestión que caracterizan las explotaciones lecheras en la Provincia del Carchi mediante el estudio de los factores de producción son el control de procesos en pastos, alimentación y uso del suelo; además de la gestión del cuidado del potrero y el cuidado del agua. Estas variables contribuyeron a la definición de cada uno de los grupos expuestos en el análisis de conglomerado.

Las variables citadas deben ser la base de la toma de decisiones por parte de los productores y autoridades que definen políticas y aprueban los proyectos de desarrollo en la provincia del Carchi. Los resultados de este estudio facilitan la adopción de estrategias para apoyar el fortalecimiento responsable del sector de la producción de leche en la provincia.

Conclusiones

El estudio demostró que no existen buenas prácticas de gestión en las explotaciones lecheras de la Provincia de Carchi. Los resultados del análisis de componentes principales y de conglomerados indican que, generalmente, existe falta de gestión de los administradores y dueños de explotaciones lecheras en el control de procesos de explotación, los pastos y alimentación, el cuidado y los sistemas de pastoreo controlado, así como sobre la utilización y cuidado del agua.

El conglomerado de explotaciones lecheras más pequeño, que representa 6 % de las explotaciones lecheras de la Provincia de Carchi, aplica buenas prácticas pecuarias, aunque no tiene conocimientos técnicos.

Las herramientas de análisis multivariado (análisis de componentes principales y análisis de conglomerado) son útiles para entender los factores determinantes en las explotaciones lecheras y su comportamiento en cada conglomerado.

References

- Calero, A. 1980. Técnicas de Muestreo. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- Celso-Arellano, P. L. & Cortés-Fregoso, J. H. 2010. "Análisis de la eficiencia técnica relativa de la agroindustria azucarera: el caso de México". *Revista Mexicana de Agronegocios*, 14(26): 202–213, ISSN: 1405-9282.
- Cobo-Cuña, R. 2014. Metodología para el análisis de los indicadores económicos de la producción de leche. Ph.D. Thesis, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Domínguez-Ruvalcaba, L. 2005. "Desarrollo regional y competitividad: La agroindustria azucarera en México". *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 15(27): 227–250, ISSN: 0188-9834.
- FAO & Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social del Ecuador 2011. "Análisis de la producción nacional de alimentos". In: *Seguridad Alimentaria y Nutricional en el Ecuador*, Quito, Ecuador: FAO, ISBN: 978-92-5-308558-3, Available: <<http://www.fao.org/3/a-au028s/au028s04.pdf>>, [Consulted: August 3, 2017].
- García, L. R. 2004. La agroindustria azucarera de México: el impacto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. 2006. Metodología de la investigación. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 895 p., ISBN: 978-1-4562-4724-9, Available: <<http://site.ebrary.com/lib/interpuertoricosp/Doc?id=11285831>>, [Consulted: August 2, 2017].

- IBM Corporation 2013. IBM SPSS Statistics. version 22, [Windows], U.S: IBM Corporation, Available: <<http://www.ibm.com>>.
- Kaiser, H. F. 1970. "A second generation little jiffy". *Psychometrika*, 35(4): 401–415, ISSN: 0033-3123, 1860-0980, DOI: 10.1007/BF02291817.
- Kaiser, H. F. 1974. "An index of factorial simplicity". *Psychometrika*, 39(1): 31–36, ISSN: 0033-3123, 1860-0980, DOI: 10.1007/BF02291575.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca) 2015. Listado de fincas lecheras de la Provincia del Carchi. Tulcán, Ecuador: MAGAP, Available: <<http://www.agricultura.gob.ec/>>, [Consulted: August 3, 2017].
- MCPEC (Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad) 2011. Agenda para la transformación productiva territorial: Provincia de Carchi. Quito, Ecuador: MCPEC, 63 p., Available: <<http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-CARCHI.pdf>>, [Consulted: August 3, 2017].
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) 2013. Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador: SENPLADES, Available: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:coiQ0uVjuHkJ:www.buenvivir.gob.ec/versiones-plan-nacional+&cd=2&hl=es&ct=clnk&client=firefox-b>>, [Consulted: August 3, 2017].
- Snedecor, G. W. & Cochran, W. G. 1989. Statistical methods. 8th ed., Ames, Iowa: Iowa State University Press, 503 p., ISBN: 978-0-8138-1561-9.
- Vargas, J. C., Benítez, D. G., Torres, V., Ríos, S. & Soria, S. 2015. "Factores que determinan la eficiencia de la producción de leche en sistemas de doble propósito en la provincia de Pastaza, Ecuador". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(1): 17–21, ISSN: 2079-3480.

Received: January 11, 2017