

Variabilidad en la producción lechera del agrosistema IASA, según las categorías de intensidad de lluvias de Trojer

Marcelo R. Arce-Carriel^{1,2} & Wilmer E. Pozo-Rivera¹

¹Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE. Avenida General Rumiñahui s/n, P.O. Box 171-5-231-B, Sangolquí, Ecuador.

²Programa de Maestría en Agricultura Sostenible, Unidad de Gestión de Postgrado, Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE. Avenida General Rumiñahui s/n, P.O. Box 171-5-231-B, Sangolquí, Ecuador.

E-mail: mrrarce@espe.edu.ec

RESUMEN

El presente artículo pretende evaluar la influencia del clima sobre la producción lechera del agrosistema IASA correspondiente a la Hacienda El Prado, ubicada en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador. Se monitoreó diariamente, desde el año 2010 al 2014 la temperatura, precipitación, evaporación, heliofanía y humedad relativa, así como la producción de leche del hato ganadero. Se realizó análisis de varianza multianuales, multimensuales, por categorías de intensidad de lluvia y por épocas del año. Sin embargo que ninguna de las variables climáticas analizadas se correlacionó con la producción lechera, la época seca presentó mayor cantidad de producción lechera en la zona de estudio. La suplementación alimenticia y el riego como actividades de mitigación frente a la carencia de lluvias evitan la disminución productiva en los sistemas ganaderos lecheros del área de influencia de la investigación.

Palabras clave.- Variable climática, categorización, hato ganadero.

ABSTRACT

This article aims to evaluate the influence of climate on milk production of IASA farm located in Rumiñahui town, province of Pichincha, Ecuador. Temperature, precipitation, evaporation, heliophany (as sunshine), relative humidity and production of dairy cows was monitored daily, since 2010 to 2014. We did analysis of variance per multiyear, multimonth, by category of rainfall intensity and seasons was performed. However none of the analyzed climatic variables were correlated with milk production, the dry season had a higher amount of milk production in the study area. Nutritional

supplementation and irrigation as mitigation against the lack of rain prevents decline in dairy cattle systems in the area of influence of the study site.

Key words.- Climatic variable, categorization, dairy cows.

ISSN 1390-3004

Recibido: 15-05-2015

Aceptado: 21-08-2015

INTRODUCCIÓN

La investigación en bioclimatología animal se remonta a la década del 50 donde comienzan de forma más sistemática los primeros estudios que evalúan el efecto de la temperatura y la humedad en la salud de los animales, los cuales en su mayoría fueron conducidos bajo cámaras con ambiente controlado (Arias *et al.*, 2008). Sin embargo, el rápido avance tecnológico del presente siglo ha posibilitado contar con modernos dispositivos electrónicos y telemétricos que incrementan el número de los experimentos bajo condiciones controladas. Esto permite tener un acucioso registro de los cambios de temperatura corporal, la tasa de respiración y la sudoración, así como el consumo de alimento y agua (Arias *et al.*, 2008). Así, en la actualidad es posible evaluar en forma conjunta el efecto de variables tales como: radiación solar, humedad relativa, temperatura ambiental, velocidad del viento, precipitaciones, tipo de dieta, nivel energético de la dieta, genotipo, *etc.* En conjunto, estas tienen un efecto directo sobre el bienestar animal, así como también en sus índices productivos (ganancia de peso diaria, producción diaria de leche, conversión de alimento, tasa de preñez) (Arias *et al.*, 2008). Los factores físico-ambientales que afectan al ganado fueron definidos por Hahn y colaboradores (2003) los que corresponden a una compleja interacción entre temperatura del aire, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo.

La influencia del clima en la producción bovina ha sido reconocida desde hace mucho tiempo (Johnson, 1987); así entonces la fisiología, el comportamiento y la salud del ganado son marcadamente influenciados por el medioambiente en el cual el ganado vive, el que afecta el desempeño económico del mismo (Balling, 1980; MAFF; 2000).

En Chile, González & Magofke (2002), describieron una interacción genético - ambiental al comparar el desempeño de ganado de razas Holstein, Neozelandés y Mestizos F1. En el citado estudio se evidenció interacciones al comparar las producciones de dichos biotipos en diferentes años. Estas diferencias en las producciones de leche por lactancia estuvieron determinadas principalmente por la magnitud de las precipitaciones estivales. En los años con déficit pluviométrico las producciones de los animales con influencia Holstein Neozelandés disminuyeron, en promedio sólo un 4,3 % respecto de los sin limitaciones hídricas. En Ecuador no se han realizado estudios referidos a la interacción climática entre la producción de leche con las variables meteorológicas diarias, trabajos afines constituyen el proyecto alemán PROFOGAN-MAG/GTZ (1991), donde se condujeron estudios de

análisis y perspectivas de producción en base a la caracterización agroecológica de seis zonas; igualmente el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha conducido proyectos basados en la producción de leche y carne, mediante el análisis de sistemas de producción papa-leche (Barrera *et al.*, 2004).

Es un hecho indiscutible que el clima en general, queda fuera del control del investigador y su influencia no puede ser eliminada, razón por la cual es necesario estimar para su estudio un cierto número de años y además las variables meteorológicas que condicionan el medioambiente en el que los animales viven y se reproducen. Considerando estas premisas, el presente estudio se realizó para considerar en conjunto la relación de las variables climáticas y la producción diaria de leche de los años 2010 al 2014, en la hacienda El Prado-IASA, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, sector San Fernando. El propósito de este artículo es obtener por intermedio de cálculos agroclimáticos: parámetros estadísticos de los periodos anuales y mensuales de la precipitación, temperaturas, evaporación, heliofanía y humedad relativa; que permitan interpretar la influencia de las condiciones medias del clima de la localidad, con la producción de leche, para finalmente ubicarla dentro de las categorías de intensidad de lluvias propuestas por Trojer (1974).

METODOLOGÍA

Se realizó la tabulación diaria de las variables meteorológicas: temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, precipitación, humedad relativa, heliofanía y evaporación, mediante la observación diaria en la estación Agrometeorológica MA-56, ubicada en la hacienda El Prado, que corresponde al Campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria (IASA) de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, con una longitud de 78° 24' 44'' O, una latitud de 0° 23' 20'' S y una altitud de 2 748 m. Información sobre la variabilidad de la precipitación de la zona de estudio, entre los años 1998 y 2008, fue previamente publicada por Arce (2003, 2009). El área de estudio corresponde al piso altitudinal montano bajo, la región latitudinal templada, zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh.MB) (Holdridge, 1982; Sierra, 1999), con una relación de evapotranspiración de 0,75 mm, correspondiente a la provincia de humedad: húmeda.

Según el último censo agropecuario (SINAGAP, 2014) en el sector de San Fernando, donde se encuentra la hacienda El Prado, los hatos ganaderos censados son de un biotipo medianamente productivo, con un rango de 1 a 100 animales por predio, siendo el hato estudiado representativo para el área de influencia del estudio (parroquia de San Fernando, cantón Rumiñahui) ya que el rejo (animales en producción) del agrosistema estudiado presentó una media de 100 unidades bovinas.

Con la información tabulada de la producción diaria de leche del mismo agrosistema, correspondiente a los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, se realizó un ADEVA multianual y multimensual de cada una de las variables meteorológicas y las pruebas de significación DMS. Luego se realizó la comparación entre los rangos de significación multianuales de las variables meteorológicas precipitación, evaporación, heliofanía y humedad relativa con la producción de leche, además se aplicó una prueba de correlación entre las variables climáticas y la cantidad de litros de leche producidos.

Se realizó una clasificación de los períodos lluviosos del agrosistema El Prado - IASA, por el método de clasificación categórica de la intensidad de lluvias (Trojer, 1974) en busca de diferencias mensuales de la producción de leche entre los períodos correspondientes al área de estudio.

Las categorías de intensidad de lluvias se calificaron tomando en cuenta el total multianual de precipitación expresado en mm que representó el 100 %, este se relacionó con el porcentaje parcial mensual multianual y se obtuvo un valor que se ajustó a la clasificación de la intensidad de lluvias (Trojer, 1974).

Los análisis se realizaron con el programa InfoStat® (Balzarini *et al.*, 2013) con niveles de decisión del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se aprecia la prueba de normalidad de Shapiro - Wilks (modificado) a la que fueron sometidas las variables en estudio, obteniéndose valores significativos, lo que demuestra que las variables presentaron una distribución normal.

Tabla 1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificado) aplicada a las variables en estudio.

Variable	N	Media	D.E.	W*	<i>p</i> (Unilateral)
Temp. Mínima	1 826	7,29	1,33	0,97	<0,0001
Temp. Máxima	1 826	21,26	1,43	0,93	<0,0001
Temp. Media	1 826	14,28	0,60	0,88	<0,0001
Precipitación	1 826	3,63	6,05	0,66	<0,0001
Evaporación	1 826	1,51	1,60	0,85	<0,0001
Heliofanía	1 826	2,98	1,49	0,97	<0,0001
HR %	1 826	66,13	3,42	0,97	<0,0001
Leche	1 826	756,31	100,46	0,99	<0,0001

La temperatura mínima anual ($F= 7,10$; $p< 0,0001$) y mensual ($F= 42,90$; $p< 0,0001$) de la serie 2010 - 2014 mostraron diferencias significativas. Las temperaturas máximas anuales fueron similares entre los años 2010 al 2014 ($F= 1,49$; $p= 0,21$), sin embargo el análisis mensual de esta variable mostró

diferencias significativas ($F= 21,67$; $p < 0,0001$). Tanto las temperaturas medias anuales y mensuales fueron significativamente diferentes ($F= 11,10$; $p < 0,0001$ y $F= 5,87$; $p < 0,0001$ respectivamente). Las variaciones anuales de los tres tipos de temperaturas no se correlacionaron con la producción lechera de la hacienda ($r_{T^{\min}} = -0,1$; $r_{T^{\max}} = 0,08$; $r_{T^{\text{med}}} = -0,02$). Lo anterior refleja que la temperatura se mantuvo estable, por lo que esta variable no incidió en la producción lechera del agrosistema. En otros estudios (Brosh *et al.*, 1998; Arias *et al.*, 2008) se sostiene que la temperatura afecta a la producción de leche en países de cuatro estaciones, especialmente en el invierno donde la producción lechera disminuye; los resultados mostrados en el presente artículo obedecen a la ubicación latitudinal del Ecuador, cabe señalar además que en similares pisos altitudinales de Perú y Colombia tampoco esta variable climática incide en la producción de leche (Koeslag & Urbina, 1985; Bernet & Tapia, 1999).

Adicionalmente se debe indicar que las temperaturas medias de la serie 2010 - 2014, oscilan en el rango de 7,55 a 21,36 °C, temperaturas óptimas para la producción lechera, pues Koeslag & Urbina (1985) sostienen que las temperaturas idóneas para los animales homeotermos productores de leche fluctúan de -5 a 20 °C. Igualmente estas temperaturas ideales para la producción de pastos como ryegrass, vicia y avena forrajera (Koeslag & Urbina, 1985), especies presentes en el área de estudio.

Tanto la precipitación como la evaporación, heliofanía y humedad relativa presentaron diferencias significativas entre la serie 2010 al 2014. Estas variables climáticas tampoco se correlacionaron con la cantidad de L de leche año⁻¹ producidos (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba Fisher y correlación de las variables climáticas anuales y mensuales con la producción de leche.

Variable	Años		Meses		r
	F	p	F	p	
Precipitación	6,10	< 0,001	15,81	< 0,0001	-0,05
Evaporación	6,14	< 0,001	42,46	< 0,0001	0,11
Heliofanía	8,39	< 0,0001	32,72	< 0,0001	0,08
Humedad Relativa	16,21	< 0,0001	49,9	< 0,0001	-0,12

En el agrosistema El Prado - IASA las altas y bajas precipitaciones determinan una baja e intermedia producción lechera y un valor medio de precipitación influye en una mayor producción. Estos resultados concuerdan con Castillo & Sentis (1996), quienes encontraron que los animales durante la lluvia prefieren alimentarse en zonas cubiertas; de igual manera, luego que deja de llover, disminuyen la ingesta de pasto lo que en consecuencia reduce la producción de leche (Wingching & Pérez, 2008).

La humedad relativa es una variable climática que provoca potencial estrés en el ganado, ya que resalta las condiciones negativas de las temperaturas

mayores a 24 °C (Da Silva, 2006). Los principales efectos esta variable reduce la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw & Blackshaw, 1994; Renaudeau, 2005).

En zonas con temperaturas mayores a 30 °C, la HR juega un importante papel en la pérdida de calor animal ya que dichas temperaturas, no aseguran una adecuada evaporación (Richards, 1973). Por tanto, el incremento de la humedad relativa disminuye la pérdida de calor a través de la piel y por las vías respiratoria (Da Silva 2006), afectando así a los animales homeotermos (NRC, 1981).

La heliofanía, expresada como brillo solar intenso, influye directamente en animales de pelaje negro ya que estos deben destinar gasto energético al mantenimiento de su temperatura corporal a través del jadeo (Ensminger, 1981) esto hace que la energía destinada a la producción lechera baje y por ende disminuya la cantidad de L de leche secretados por el animal.

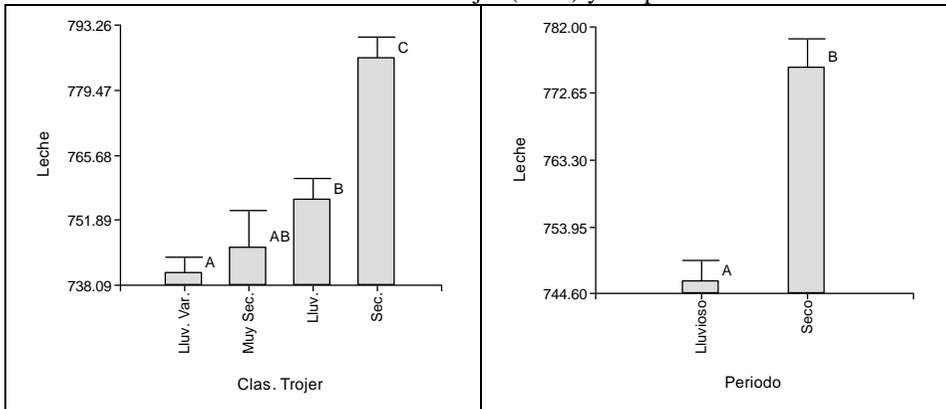
Para el agrosistema El Prado - IASA, entre los años 2010 - 2014, la precipitación multianual fue de 1 325,26 mm, la evaporación ambiental osciló entre 1,20 y 1,75 mm, la humedad relativa anual promedio entre 64,79 y 66,00 %, y la temperatura media entre 14,19 y 14,45 °C. Considerando que las variables climáticas citadas presentan una relación directamente proporcional entre ellas (Torres, 1984), se puede sostener que las condiciones del IASA son más favorables para la producción de leche que las condiciones climáticas enunciadas por Richards (1973) y Da Silva (2006).

Tabla 3. Promedios de temperatura media y P mm multianuales para el agrosistema IASA, serie 2010 – 2014.

Mes	Temp. Media	P mm 2010-2014	Relación Trojer	Categoría Trojer (1974)
Ene	14,22	133,94	10,11	Lluvioso variable
Feb	14,44	177,08	13,36	Lluvioso
Mar	14,35	144,78	10,92	Lluvioso variable
Abril	14,32	140,40	10,59	Lluvioso variable
Mayo	14,48	118,80	8,96	Lluvioso variable
Junio	14,34	24,10	1,82	Muy Seco
Julio	14,23	48,20	3,64	Seco
Agosto	14,23	39,94	3,01	Seco
Sept	14,16	40,98	3,09	Seco
Oct	14,27	154,22	11,64	Lluvioso
Nov	14,14	165,04	12,45	Lluvioso
Dic	14,20	139,36	10,52	Lluvioso variable

Trojer (1974) propuso una clasificación basada en el porcentaje mensual de la precipitación, en la que el 100 % corresponde al total anual y su relación con el porcentaje mensual otorga una categoría de intensidad de lluvias por cada mes. En la tabla 3 se presenta los periodos de intensidad lluviosa para el agrosistema El Prado - IASA en la serie 2010 - 2014, se aprecia que existen 4 tipos de categorías (muy seco, seco, lluvioso variable y lluvioso).

Figura 1.- ADEVA de la producción lechera tomando en cuenta las categorías de intensidad de lluvias de Trojer (1974) y la época del año.



Analizando la producción de leche de acuerdo a los periodos de intensidad lluviosa (Figura 1), se aprecian diferencias altamente significativas ($F= 21$; $p< 0,0001$), siendo el periodo lluvioso variable el de menor producción y el seco el más alto (Tabla 4). Así mismo al agrupar los meses en periodos secos y lluviosos se aprecia que la producción lechera es significativamente mayor en el periodo seco (Media= 776,28 L día⁻¹) que en el lluvioso (Media= 746,30 L día⁻¹).

Tabla 4. Media \pm ee de la producción lechera en el agrosistema IASA tomando en cuenta las épocas de intensidad lluviosa según Trojer.

Categorías de intensidad de lluvia según Trojer	Medias de producción lechera (L)	n
Lluvioso variable	740,60 \pm 3,56 a	770
Muy Seco	746,00 \pm 8,07 ab	150
Lluvioso	756,13 \pm 4,68 b	446
Seco	786,15 \pm 4,61 c	460

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p> 0,05$).

En los periodos de mayor precipitación aumenta la producción de pastos y lo contrario ocurre en la época seca (Bernal, 2008). El análisis realizado en el presente artículo sostiene que la época seca ($n= 610$ días) produjo una media de 776,28 \pm 4,03 L día⁻¹ mientras que en la época lluviosa ($n= 1\ 216$ días) la media de producción fue de 746,30 L día⁻¹ ($F= 36,88$; $p< 0,0001$). Debe recordarse que en el período lluvioso a pesar de existir mayor cantidad de forraje, la ingesta de pasto es menor (Castillo & Sentis, 1996), lo que probablemente afecta a la producción de leche del hato.

Adicionalmente la alimentación del rejo ganadero del IASA, en el periodo seco, se suplementa con balanceado, melaza, tamo y ensilados de vicia - avena y rastrojo de maíz; en los pastizales, se utiliza riego suplementario a fin de compensar la disminución de lluvias y mantener la producción forrajera de la hacienda lo que incrementa la ingesta de pasto y por ende la producción de leche.

CONCLUSIONES

- Tanto las temperaturas máximas, mínimas y medias del agrosistema Prado-IASA y su zona de influencia, son óptimas para la producción de leche y pasturas mejoradas.
- Los mayores rendimientos de leche en el agrosistema IASA se observan en el período seco correspondiente a los meses de junio, julio, agosto y septiembre, debido a la disposición de sistemas de regadío y al uso de suplementación alimenticia, parámetros que inciden en un mejor manejo de hato ganadero.
- Las variables climáticas en el agrosistema IASA, y su zona de influencia, inciden en forma indistinta y determinante en la producción de leche y cambian entre años y meses, razón por la cual para cada época se deben planificar el manejo y mejora del hato, rotación de pastos, dotación de forrajes, alimentación suplementaria y la compensación de la falta de lluvias con riego.
- Para mantener los niveles de producción en los períodos lluviosos se recomienda estudiar la estabulación del ganado, luego del segundo ordeño ya que las lluvias en el agrosistema IASA y su zona de influencia normalmente ocurren pasado las 14h00.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos un especial agradecimiento a Diego Vela T. por facilitar sus registros diarios, tabulados y ordenados de la producción de leche de la hacienda El Prado-IASA. Igualmente se agradece la colaboración de los alumnos de los módulos de agrometeorología y de agrosistemas de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE por su ayuda en el registro y tabulación de los datos meteorológicos provenientes de la estación MA-56 (IASA). Las observaciones realizadas por los dos revisores anónimos enriquecieron el presente artículo.

REFERENCIAS

- Arce-C, M.** 2003. Distribución de la precipitación en la hacienda El Prado-IASA, serie1998-2002. *Rev. IASA* 3: 50-53.
- Arce-C, M.** 2009. Normal climática y distribución de la precipitación en la hacienda El Prado-IASA, serie 1998-2008. *Bol. Téc. 8, Ser. Zool.* 4-5: 130-132.
- Arias, R.A., T.L. Mader & P. Escobar.** 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40: 7-22.

- Balzarini, M., J.A. Di Rienzo, C. Robledo & F. Cassanoves.** 2013. *Manual del usuario InfoStat*. 3^{era} ed. Ed. Brujas, Córdoba – Argentina.
- Balling, R.C.** 1980. *An assessment of the impact of weather conditions on feedlot cattle performance*. Center for Agricultural Meteorology and Climatology. University of Nebraska-Lincoln. USA.
- Bernal-E, J.** 2008. *Pastos y forrajes tropicales: manejo de praderas*. Tomo 1. Stilo impresoras Ltda. Bogotá – Colombia.
- Bernet, T. & M. Tapia.** 1999. *Análisis de los sistemas de producción en la microcuenca de La Encañada: documento base para investigaciones y acciones futuras en la Sierra Norte del Perú*. Depto. Ciencias Sociales, Documento de Trabajo No. 1999-1. CIP. Lima – Perú.
- Blackshaw, J. & A.W. Blackshaw.** 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. *Australian J. Experimental Agriculture* 34, 285-295.
- Barrera, V.H., C.U. León-V., J.E. Grijalva & F. Chamorro.** 2004. *Manejo del sistema de producción "papa- leche" en la Sierra ecuatoriana*. INIAP-CIP-PROMSA. Editorial ABYA-YALA. Quito – Ecuador.
- Brosh, A., Y. Ahoromi, A.A. Degen, D. Wright & B.A. Young.** 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *Journal of Animal Science* 76: 2671-2677.
- Castillo, F.E. & F.C. Sentis (Eds.).** 1996. *Agrometeorología*. Grupo Mundi-Prensa. Madrid – España.
- Da Silva, R.G.** 2006. Weather and climate and animal production. In: *Update of the guide to agricultural meteorological practices*. WMO-No.134.
- Ensminger, M.E.** 1981. *Producción bovina para carne*. El Ateneo Eds. Buenos Aires – Argentina.
- González, V.H. & J.C. Magofke.** 2002. *Comportamiento de diferentes líneas de Ganado Holstein en sistemas de producción basado en pastoreo*. In. *Universidad de Chile*. Web site: www.uchile.cl/documentos/comportamiento-de-diferentes-lineas-de-ganado-holstein-en-sistemas-pastoriles-de-produccion-de-leche_583116.pdf. Consultado: 2015.
- Hahn G.L., T.L. Mader & R.A. Eigenberg.** 2003. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. *Proceedings of the Symposium: Interactions between climate and animal production*. EAAP. Technical series N° 7.
- Holdridge, L.R.** 1982. *Curso de ecología vegetal*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. San José – Costa Rica.
- Johnson H.D., L. Hahn & D.E. Buffington.** 1975. *Animal husbandry. Impacts of climatic change on the biosphere*. CIAP Monograph 5. Part 2. Climatic effects.
- Koeslag, J.H. & N. Urbina.** 1985. *Producción de leche: zonas de ladera fría*. ICA y CCH. Pasto – Colombia.
- MAFF, Ministry of Agriculture Fisheries and Food.** 2000. *Good practice guide for handling soils (Version 04/00)*. FRCA. Cambridge – England.

- PROFOGAN-MAG/GTZ. 1991.** *Situación de la pequeña y mediana explotación pecuaria en el Ecuador.* PROFOGAN-MAG/GTZ. Editorial ABYA-YALA. Quito - Ecuador.
- Sierra, R. (Ed.). 1999.** *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental.* Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito - Ecuador.
- SINAGAP-MAGAP. 2014.** VI Censo Agropecuario. Web site: www.sinagap.agricultura.gob.ec/censo-nacional-agropecuario. Consultado: 2015.
- Torres-R., E. 1984.** *Agrometeorología.* Diana Eds. Mexico D.F. - Mexico.
- Trojer, H. 1974.** *Informe sobre enseñanza e investigación en agrometeorología.* Facultad de Agronomía. Universidad de Montevideo. Montevideo-Uruguay.
- Wingching, J.R. & R. Pérez. 2008.** Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: caso módulo lechero. *Agronomía Costarricense* 32(1): p. 87-94.