



Cuban Journal of Agricultural Science

ISSN: 2079-3472

Ediciones ICA

Somoza, J.; Febles, J.M.; Rangel, R.; Sedeño, E.; Figueredo, E.; Brito, Odalys
Effect of climate change on milk production in productive enterprises from Jimaguayú, Camagüey province
Cuban Journal of Agricultural Science, vol. 52, no. 3, 2018, July-September, pp. 249-261
Ediciones ICA

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193060480002>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

UAEH  redalyc.org

Scientific Information System Redalyc

Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and Portugal

Project academic non-profit, developed under the open access initiative

Effect of climate change on milk production in productive enterprises from Jimaguayú, Camagüey province

Efecto del cambio climático en la producción de leche en entidades productivas del municipio Jimaguayú, provincia Camagüey

J. Somoza¹, J.M. Febles², R. Rangel³, E. Sedeño⁴, E. Figueredo⁴ and Odalys Brito⁴

¹*Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Calle L entre 23 y 21, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, C.P. 10 400*

²*Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Calle 16 No.114, entre 1ra y 3ra, Miramar. Playa. La Habana.*

³*Instituto de Geografía Tropical del CITMA. Calle F, No.315 esquina 11, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, CP. 10 400*

⁴*Centro de Investigaciones de Medioambiente de Camagüey, Cisneros No. 105 (altos), entre Pobre y Ángeles, Camagüey Email: pepes@imre.uh.cu*

In the absence of bioclimatic models, and given the scarcity of information about parameters and other input data, the panel data methodology was applied to establish the magnitude and direction of expected consequences in milk production, which is the main economic activity of Jimaguayú municipality. This study presents a summary about the theory of panel data models. Several specifications are evaluated, obtaining expressions of long-term elasticity of rainfall and temperature and its effect on milk production. Applied empirical models indicate that milk production in Jimaguayú could decrease by approximately 200 thousand L per year, due to the combined effect of the decrease in rainfall and the increase in temperature, with economic losses in the order of constant 100 thousand dollars informed in 2014.

Keywords: *empirical panel data models, bioclimatic models, climatic elasticity*

The examination of fluctuations in the climatic variables allows to advance the hypothesis that Cuban climate transits towards a state of greenhouse effect, intensified in the terrestrial atmosphere (Centella *et al.*, 2001), with very similar characteristics to those projected by the Intergovernmental Panel on Climate Change Group (IPCC). The evidence provided by the climatic information registered from 1960 to 1990, and from the latter to 2016, indicate that there is a tendency to increase the mean annual temperature in 0.5 °C and the mean annual minimum temperature in 1.4 °C, with significant reduction of the day range. There is also an increase in the frequency and impact of extreme events (Pérez *et al.* 2013), even of drought, and the event "El Niño Southern Oscillation" (ENSO).

For the future (2050-2100), it is estimated that average temperature could increase from 1.6 to 2.5 °C in relation to 1960-1990 period. The climate could be between 10 and 19 % more or less rainy than in the present, and sea level could rise between 20 and 95 cm with respect to the current, which will cause a reduction in water availability and quality. It

En ausencia de modelos como los bioclimáticos, y ante la escasez de información acerca de parámetros y otros datos de entrada, se aplicó la metodología de datos panel para establecer la magnitud y dirección de las consecuencias esperadas en la producción de leche, actividad económica principal del municipio Jimaguayú. En este trabajo se presenta una recapitulación acerca de la teoría de los modelos de panel de datos. Se evalúan varias especificaciones, obteniéndose las expresiones de elasticidad a largo plazo de las precipitaciones y temperatura y su efecto en la producción de leche. Los modelos empíricos aplicados indican que la producción de leche en Jimaguayú podría menguar en aproximadamente 200 mil L por año, debido al efecto combinado de la disminución de las precipitaciones y el incremento de la temperatura, con pérdidas económicas en el orden de 100 mil dólares constantes informados en 2014.

Palabras clave: *modelos empíricos de datos de panel, modelos bioclimáticos, elasticidad climática*

El examen de las fluctuaciones en las variables climáticas permite adelantar la hipótesis de que el clima en Cuba transita hacia un estado de efecto invernadero, intensificado en la atmósfera terrestre (Centella *et al.* 2001), con características muy similares a las proyectadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), por sus siglas en inglés. Las evidencias aportadas por la información climática registrada desde 1960 a 1990, y de este último al 2016 indican que existe una tendencia al incremento de la temperatura media anual en 0.5°C y de la temperatura mínima media anual en 1.4 °C, con significativa reducción del rango diurno. Se observa además, incremento en la frecuencia e impacto de fenómenos extremos (Pérez *et al.* 2013), incluso de la sequía, y del evento "El Niño Oscilación del Sur" (ENOS).

Para el futuro (2050-2100), se estima que la temperatura promedio se podría incrementar de 1.6 a 2.5°C en relación con el período 1960-1990. El clima podría ser entre 10 y 19 % más o menos lluvioso que en el presente, y el nivel del mar podría ascender entre 20 y 95 cm con respecto al actual, lo que provocará reducción de la disponibilidad y calidad del agua. Se estima que

is estimated that, by 2100, it could flood up to 35 % of the area of the country, in the most extreme climate scenario. This prognosis increases vulnerability of approximately 185 human settlements (Planos *et al.* 2013a). This increase in sea level could cause great affectations in mangroves and other coastal ecosystems, with losses in productive yields, biological diversity and associated climatic and ecological values (Planos *et al.* 2014).

The effect of climate change (CC) would also occur in grasslands of cattle rearing areas, which are predominantly of grasses in Cuba. This could benefit very harmful species such as marabu (Riverol and Riquelme 2011). All this would bring about substantial modifications in the nutritional value, digestibility and palatability of forage species (Planos *et al.* 2013 b).

Studies carried out by the Institute of Meteorology in Camagüey (Rivero *et al.* 2004), related to the effects of CC in livestock regions indicate the following:

- Systematic increase in the duration and intensity of meteorological and agricultural drought episodes, as CC advances during this century. The areas most affected by these processes will be the northeast and south of the province (Rivero 2008).

- Accentuation of the aridity degree of grasses and increase of the frequency of moderate and severe droughts, which will reduce the productivity of the grasses formed mainly by C_4 species, even in the presence of the effect of fertilization by CO_2 .

- Conditions of cattle welfare will decrease with the gradual increase in temperatures, which become totally unfavorable in the interior of the province, as a result of the effects of "continentality" (such will be the case of Jimaguayú). In coastal areas, although the increase in temperatures will occur to a lesser extent, solar radiation will be more harmful than in land (MINAG 2011).

- The bioproductive performance of livestock will experience considerable effects on future scenarios, taking into account that there will be a decrease of birth rate and an increase of general and specific mortality. It will also increase average age at which the first birth occurs (Delgado 2010).

- Changes that take place in these indicators will have more significance in the southern and northeastern areas of the province, with marked deterioration indexes of vital livestock aspects, mainly during daytime hours.

Due to the lack of bioclimatic models and the scarcity of information on parameters and other input data for Jimaguayú territory, added the need to establish the magnitude and direction of the expected consequences in milk production, the panel data methodology (Greene 1993) in a non-action or reference scenario (Bussiness as Usual).

The use of this type of model is quite common in

para 2100 se podría inundar hasta 35 % del área del país en el escenario climático más extremo, pronóstico que incrementa la vulnerabilidad de aproximadamente 185 asentamientos humanos (Planos *et al.* 2013 a). Este incremento en el nivel del mar pudiera provocar grandes afectaciones en manglares y otros ecosistemas costeros, con pérdidas en los rendimientos productivos, la diversidad biológica y los valores climáticos y ecológicos asociados (Planos *et al.* 2014).

El efecto del cambio climático (CC) se daría también en los pastizales de áreas ganaderas, que en Cuba son predominantemente de gramíneas, lo que podría beneficiar a especies muy nocivas como el marabú (Riverol y Riquelme 2011). Todo esto traería consigo modificaciones sustanciales en el valor nutritivo, digestibilidad y palatabilidad de las especies forrajeras (Planos *et al.* 2013 b).

Estudios realizados por el Instituto de Meteorología de Camagüey (Rivero *et al.* 2004), relacionados con los efectos del CC en regiones ganaderas indican lo siguiente:

- Aumento sistemático de la duración e intensidad de los episodios de sequía meteorológica y agrícola, según avanza el CC durante el presente siglo. Las zonas más afectadas por estos procesos serán el nordeste y sur de la provincia (Rivero 2008).

- Acentuación del grado de aridez de los pastizales y elevación de la frecuencia de sequías moderadas y severas, que reducirán la productividad de los pastos formados mayoritariamente por especies C_4 , aún en presencia del efecto de fertilización por CO_2 .

- Las condiciones del bienestar vacuno disminuirán con el aumento paulatino de las temperaturas, que llegan a ser totalmente desfavorables en el interior de la provincia, producto de los efectos de "continentalidad" (tal será el caso de Jimaguayú). En las zonas costeras, aunque el incremento de las temperaturas se presentará en menor medida, la radiación solar será más perjudicial que hacia el interior (MINAG 2011).

- El comportamiento bioproductivo del ganado experimentará afectaciones considerables en los escenarios futuros, si se tiene en cuenta que habrá disminución en la natalidad e incremento de la mortalidad general y específica. También aumentará la edad promedio en la que se produce el primer parto (Delgado 2010).

- Los cambios que tienen lugar en estos indicadores tendrán más significación en las zonas sur y nordeste de la provincia, con marcados índices de deterioro de los aspectos vitales del ganado, fundamentalmente en horas diurnas.

En ausencia de modelos bioclimáticos, y ante la escasez de información de parámetros y otros datos de entrada para el territorio de Jimaguayú, a lo que se adiciona la necesidad de establecer la magnitud y dirección de las consecuencias esperadas en la producción de leche se aplicó la metodología de datos panel (Greene, 1993) en un escenario de no acción o de referencia (BAU

studies of CC economy. A remarkable example of this, in the Latin American region, is the study of Galindo (2010) in Mexico.

Before the task of determining the existence of some statistically significant relationship between milk production in the main livestock enterprise of Jimaguayú and the available climate variables (precipitations, mean temperature and relative humidity, among others) that participate in the construction of climatic scenarios, this study had the objective of determining the impacts of CC on milk production of Jimaguayú, and its possible generalization to the best milk-producer provinces of Cuba.

Materials and Methods

Milk production data correspond to the four enterprises of the municipality (Triángulo 1, Triángulo 5, Rescate de Sanguily and Maraguán). These data comprise 60 months elapsed between March 2009 and March 2013. Climate data come from the meteorological station located in Camagüey city, the closest to the territory under study (table 1).

A dynamic panel data model was used. This is, with the delayed dependent variable, which is used as an explanatory variable to estimate long-term coefficients.

en sus siglas en inglés de Business as Usual),

El uso de este tipo de modelo es bastante común en estudios de la economía del CC. Un ejemplo notable de ello en la región latinoamericana es el trabajo de Galindo (2010) para México.

Ante la tarea de determinar la existencia de alguna relación estadísticamente significativa entre la producción de leche en las principales entidades ganaderas del municipio Jimaguayú y las variables climáticas disponibles (precipitaciones, temperatura media y humedad relativa, entre otras) que participan en la construcción de los escenarios climáticos, este trabajo tuvo como objetivo determinar los impactos del CC en la producción de leche en el municipio de Jimaguayú, y su posible generalización a las provincias mayores productoras de leche de Cuba.

Materiales y Métodos

Los datos de producción de leche corresponden a las cuatro entidades productoras del municipio (Triángulo 1, Triángulo 5; Rescate de Sanguily y Maraguán). Comprenden los 60 meses transcurridos entre marzo de 2009 y marzo de 2013. Los datos climáticos provienen de la estación meteorológica ubicada en el municipio cabecera (Camagüey), la más cercana al territorio objeto de estudio (tabla 1).

Table 1. Descriptive statistics of climate variables

Variable/228 observations	Mean	Std. Dev.	Min	Max
$y_{(t,i)}$	283.06	302.36	0.3	1167.6
$hrmed_{(t)}$	77.9	4.22	65.83	85.55
$hrmax_{(t)}$	95.73	1.555	87.26	98.19
$hrmin_{(t)}$	48.69	6.485	33	62.37
$rr_{(t)}$	112.11	83.81	1	313
$temp_{(t)}$	24.64	1.887	19.1	27.39
$tempmax_{(t)}$	29.94	1.866	25.13	32.97
$tempmin_{(t)}$	20.44	2.197	13.97	23.81
$y1_{(t,i)}$	284.7	304.155	0.3	1167.6

Source: Instituto Provincial de Meteorología, 2015

$y_{(t,i)}$: production of the unit per month i ($i = 1 \dots 4$) and month in liters

$rr_{(t)}$: mean monthly precipitation in mm of rain

$hrmed_{(t)}$, $hrmax_{(t)}$ and $hrmin_{(t)}$: values of mean, maximum and minimum relative humidity, respectively

$temp_{(t)}$, $tempmax_{(t)}$ y $tempmin_{(t)}$: values of mean, maximum and minimum temperature per month in degrees centigrade

$y1_{(t,i)}$ is delayed milk production per unit and month

The used dynamic panel models are also non-monotonic, which means that are quadratic in temperature and precipitation variables, in order to obtain an estimate of the non-constant climatic elasticity that depend on the value of temperature and precipitation variables (Pérez 2008).

Selection of panel data specification. The results of the application of panel data models provide results

Se utilizó un modelo de panel de datos dinámico. Esto es, con la variable dependiente retardada, que se utiliza como variable explicativa para estimar los coeficientes de largo plazo. Los modelos dinámicos de panel utilizados son además no monotónico, es decir, cuadráticos en las variables temperatura y precipitaciones, de tal modo de obtener una estimación de las elasticidades climáticas, no constantes, que dependan del propio valor de las

consistent with the characteristics of enterprises. They indicate that there is heterogeneity among the enterprises. The statistical tests of Breouch-Pagan, such as the Student's T test, reveal that random effect models and fixed effect models are better than the pooled model to explain the relationships between variables milk production and those concerning climate (Greene 2005 a).

The application of these tests is relevant because if the random-fixed effects model and the pooled model were the same (the variance of the errors were equal to zero in both models), then, preferably, the pooled model would be used, since it offers the best estimated coefficients (Ordinary Least Squares - OLS). That is, unbiased and efficient coefficients (minimum variance). From the practical point of view, this would mean assuming that all the studied enterprises have the same production technology, which is difficult to sustain.

The results of Hausman Test (Hausman 1978 and Hausman and McFadden 1984) allow to select between random (RE) and fixed (FE) models, which better explains the relations among variables. In this case, the result demonstrates the impossibility of accepting the null hypothesis (H_0). That is, the coefficients estimated by the FE and RE model are equal ($\beta_{fe} - \beta_{re} = 0$), so it identifies the fixed effect model as better than that of random effects. Results indicate that the model of fixed effects is the most adequate to estimate parameters of milk production model (table 2).

About dynamic model and long-term elasticities. The quantity of milk produced in a period (Q_t) and its relationship with climate variables that characterize the climatic scenarios is assumed as a non-linear or non-monotonous function of rainfall and temperature. This relation is expressed as a quadratic function to collect the "U" performance of milk production as the above

variables temperatura y precipitación (Pérez 2008).

Selección de la especificación de panel de datos. Los resultados de la aplicación de los modelos de panel de datos proporcionan resultados consistentes con las características de las unidades productivas. Indican que existe heterogeneidad entre las unidades productivas. Las pruebas estadísticas de Breouch-Pagan, como la de T de Student, revelan que los modelos de efecto aleatorio como los de efecto fijo (Fixed Effects), son mejores que el modelo agrupado (Pooled) para explicar las relaciones entre las variables producción de leche y las concernientes al clima (Greene 2005 a).

La aplicación de estas pruebas es relevante, pues si fueran iguales el modelo de efectos aleatorios-fijos y el agrupado (la varianza de los errores fueran iguales a cero en ambos modelos), se utilizaría entonces, preferiblemente, el Agrupado, por ser el que ofrece los mejores coeficientes estimados (Mínimos Cuadrados Ordinarios). Esto es, coeficientes insesgados y eficientes (mínima varianza). Desde el punto de vista práctico, esto equivaldría a suponer que todas las entidades estudiadas tienen la misma tecnología de producción, supuesto que resulta difícil de sostener.

Los resultados del Test de Hausman (Hausman 1978 y Hausman y McFadden 1984) permiten seleccionar entre los modelos aleatorios (RE) y fijos (FE), cuál explica mejor las relaciones entre las variables. En este caso, el resultado demuestra la imposibilidad de aceptar la hipótesis nula (H_0). Esto es, que los coeficientes estimados por el modelo de FE y el RE sean iguales ($\beta_{fe} - \beta_{re} = 0$), por lo que identifica el modelo de efecto fijo como preferible ante el de efectos aleatorios. Los resultados indican que el modelo de efectos fijos es el adecuado para estimar los parámetros del modelo de producción de leche (tabla 2).

Sobre el modelo dinámico y las elasticidades de largo plazo. La cantidad de leche producida en un período (Q_t) y su relación con las variables climáticas que caracterizaran los escenarios climáticos se asume como

Tabla 2. Test of Hausman, for specifications of panel data of fixed and random effects. Milk production. Results of STATA 12.0

	Coefficients			
	(b) fixed	(B)	(b - B) difference	Sqrt (diag (V_b - V_B))
lyr	0.8032	0.9358	- 0.1326	0.00757
lrr	- 0.0489	- 0.0296	-0.01932	-----
Lr ²	0.00476	0.00258	0.00218	-----
ltemp	- 3.431	0.4197	- 3.851	3.211
lhrmax	- 0.3025	- 0.8956	0.5931	-----

b = consistent under H_0 and H_a ; obtained from xtreg; B = inconsistent under H_a , efficient under H_0 ; obtained from xtreg; Test: H_0 : difference in coefficients not systematic; $\chi^2(5) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B) = 310.74$; Prob > $\chi^2 = 0.0000$ ($V_b - V_B$ is not positive definite).

Note: lyr, milk production logarithm; lrr and Lr², precipitation logarithm and square precipitations; ltemp, mean temperatura logarithm; and lhrmax, maximum relative humidity

mentioned climatic variables grow¹ (Somoza 2008). This quadratic specification offers elasticities that are functions of the explanatory variables themselves, and they are not independent constants of the performance of the climatic variables (Brendt 1991).

Results and Discussion

This study presents two models: the fixed effect model (FE) and the robust fixed effect vs. heteroscedasticity (FE (vce robust)) model. Table 3 summarizes the results of the estimation of model parameters using both specifications. As it is observed, the value of coefficients (in this case, they represent the climatic elasticities of milk production) are the same in both cases. However, robust model in heteroscedasticity offers a higher probability level to the estimated values with respect to FE model, which translates into the values of $P > t$ of H_0 : β_i coefficients are significantly equal to zero (Greene 2005b).

In both models, the importance of the temporal variable (lt) in the explanation of milk production in the

una función no lineal o no monótona de las precipitaciones y la temperatura. Esta relación se expresa como una función cuadrática para recoger el comportamiento de “U” de la producción de leche a medida que crecen las variables climáticas mencionadas¹ (Somoza 2008). Esta especificación cuadrática ofrece elasticidades que son funciones de las propias variables explicativas, no son constantes independientes del comportamiento de las variables climáticas (Brendt, 1991).

Resultados y Discusión

A continuación se presentan dos modelos, el de efecto fijo (FE) y el de efecto fijo robusto contra heterocedasticidad (FE (vce robust)). En la tabla 3, se resumen los resultados de la estimación de los parámetros del modelo utilizando ambas especificaciones. Como se observa el valor de los coeficientes (en este caso representan las elasticidades climáticas de la producción de leche) son los mismo en ambos casos, sin embargo el modelo robusto en heterocedasticidad ofrece mayor nivel de confianza a los valores estimados respecto al modelo de FE, que se

Table 3. Specification for precipitation and mean minimum temperature

	FE Model		FE vce (robust)Model	
	Coefficients	$P > t$	Coefficients	$P > t$
lyr	0.804	0.000	0.804	0.000
lt	- 18.32	0.092	- 18.32	0.540
lrr	- 0.0568	0.055	- 0.0568	0.044
lrr ²	0.00581	0.158	0.00581	0.076
ltemin	- 1.586	0.630	- 1.586	0.330
ltemin ²	0.368	0.520	0.368	0.196
lhrmax	- 0.342	0.460	- 0.342	0.340
C	227.8	0.083	227.8	0.530
F test that all $u_i = 0$:		F(3, 214) = 84.72	Prob > F = 0.0000	

Source: salida STATA 12.0

municipality in the last 60 months is highlighted. This type of variable is usually used to capture the trends of technological change. In the FE model, this variable is significant with a probability level of 10 %. On the other hand, the sign of the coefficient turns out to be the expected, according to what happened in the study period where a decreasing and sustained trend of milk production is observed, which is due to technological problems in the application of the production model from the municipality.

Precipitations are significant in both models, and the signs of both coefficients were the expected ones. In this sense, milk production grows with the reduction of rainfall (marginal production decreases), up to a level of precipitation where milk production

traduce en los valores de $P > t$ de la H_0 : los coeficiente β_i son significativamente iguales a cero (Greene 2005 b).

En ambos modelos destacan la importancia de la variable temporal (lt) en la explicación de la producción de leche en el municipio en los últimos 60 meses. Este tipo de variable por lo general se utiliza para captar las tendencias del cambio tecnológico. En el modelo FE dicha variable resulta significativa con un nivel de confianza del 10 %. Por otra parte, el signo del coeficiente resulta ser el esperado según lo ocurrido en el periodo de estudio donde se observa una tendencia decreciente y sostenida de la producción de leche que es debida a problemas de tipo tecnológico en la aplicación del modelo de producción existente en el municipio.

Las precipitaciones resultan significativas en ambos

¹Las formas funcionales de tipo lineal - logarítmica generalmente utilizadas en estudios econométricos, tienen la ventaja de que los parámetros estimados pueden ser interpretados directamente elasticidades, lo que facilita en extremo la interpretación de los resultados. Sin embargo, estas funciones tienen la desventaja de estimar elasticidades constantes, lo que resulta poco realista en la interpretación de los fenómenos económicos. Existen otras especificaciones, las llamadas especificaciones “flexibles” que no imponen restricciones sobre la elasticidad. Las más utilizadas son: la translogarítmica y la de Leontief generalizada. No obstante, la forma lineal-logarítmica sigue siendo, obstinadamente, muy utilizada en estudios econométricos (ver Berndt, 1991).

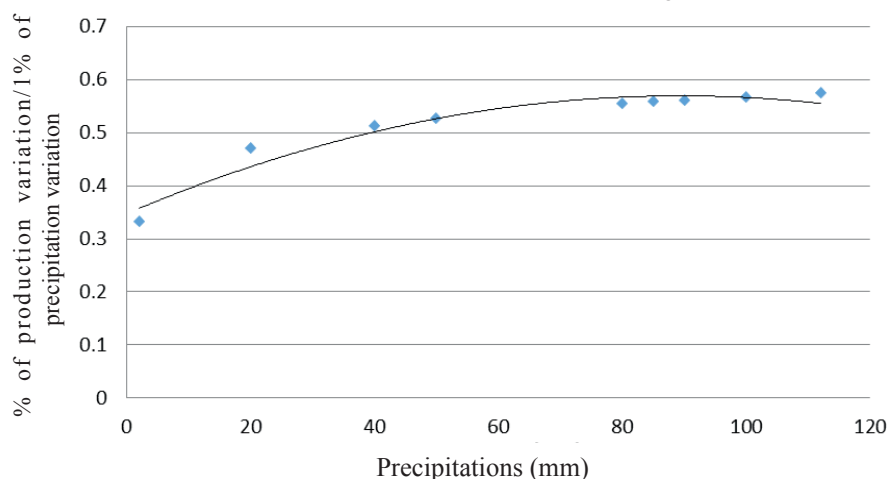


Figure 1. Elasticity of precipitations on milk production in enterprises from Jimaguayú municipality, Camagüey province

begins to be reduced by the effect of lack of rains (figure 1).

The first aspect to be highlighted is the non-monotonic relationship between the volume of precipitations and milk production. Precipitation elasticity of milk production of the municipality is a function of the level of precipitations. It decreases while the mean monthly rain does.

Thus, the reduction of precipitations from the mean maximum value recorded in the last 60 months, about 250 mm per month (from 330 to 80 mm per month), would mean a reduction in milk production of 150 liters per month, almost 2 thousand liters on average per year (figure 2).

On the other hand, the effects expected from the increase of the average monthly minimum temperature counteracts the effect of rainfall reduction. An increase of minimum temperature of 4 °C, causes milk production to increase by 1.4 %. This means that the improvement of climatic comfort of livestock has a positive impact on yield per cow.

In terms of its effect on milk production, such an increase of the minimum temperature would mean an increase of monthly milk production of about 20 thousand liters on average, which could mean production increases in the order of 280 thousand liters per year (figure 2).

modelos, siendo los signos de ambos coeficientes los esperados. En este sentido, se tiene que la producción de leche crece con la reducción de las precipitaciones (decrece la producción marginal), hasta un nivel de precipitaciones donde la producción de leche comienza a reducirse por el efecto de la falta de lluvias (figura 1).

El primer aspecto a destacar es la relación no monotónica entre el volumen de precipitaciones y la producción de leche. La elasticidad de las precipitaciones de la producción lechera del municipio es una función del propio nivel de precipitaciones, decrece en la medida que lo hace la lluvia promedio mensual.

Es así que la reducción de las precipitaciones desde el valor máximo promedio registrado en los últimos 60 meses unos 250 mm por mes (de 330 a 80 mm al mes), significaría una reducción en la producción de leche de 150 litros por mes, casi 2 mil litros como promedio al año (figura 2).

Por su parte, los efectos esperados por el incremento de la temperatura mínima promedio mensual contrarresta con creces el efecto de la reducción de las precipitaciones. Un incremento de la temperatura mínima del orden de los 4 °C, provoca que la producción de leche aumente en 1.4 puntos porcentuales, esto significa que la mejora del confort climático del ganado tiene un impacto positivo en el rendimiento por vaca.

En términos de su efecto sobre la producción lechera, tal incremento en la temperatura mínima significaría un

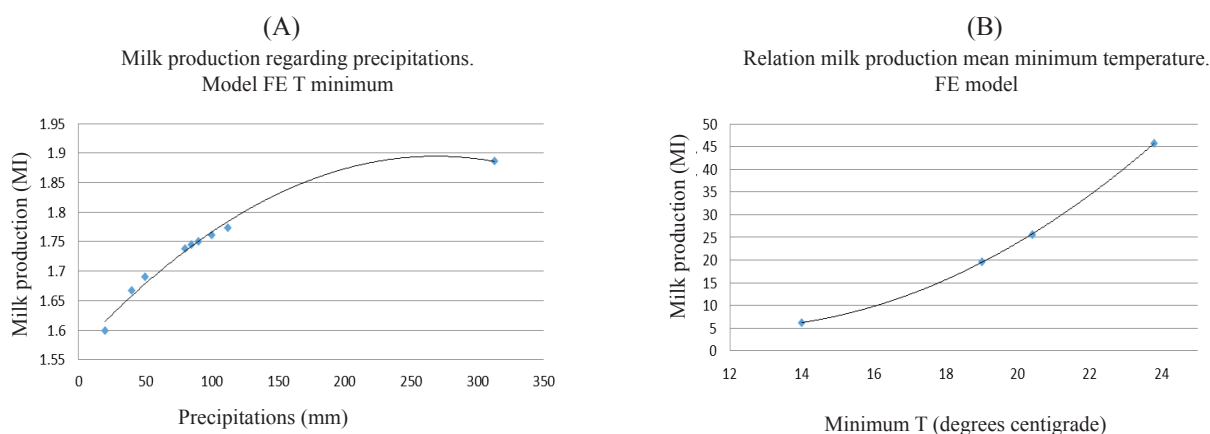


Figure 2. Milk production vs. precipitation (A) minimum temperature (B)

In this sense, everything seems to indicate that, in a model of fixed effects that uses as explanatory variables a temporary tendency to capture technological effects, rainfall and mean minimum temperature, it would be indicating that the effects of climate change would be favorable for the increase of milk production. However, this result would be partial and limited if the effect of increases of maximum temperatures are not considered, which are estimated to have a superior impact on the reduction of cattle comfort levels, and, therefore, on the reduction of milk production, proposed by Rodríguez *et al.* (2003).

It is in this sense that results (table 4) of the runs of a group of models that take as explanatory variables both, precipitation and mean monthly temperatures (minimum, mean and maximum) are presented, which, on the other hand, is the quantified variable in the different available

incremento de la producción mensual de leche de unos 20 mil litros como promedio, lo que podría significar incrementos de producción del orden de los 280 mil litros al año (figura 2).

En este sentido, todo parece indicar que en un modelo de efectos fijos que utilice como variables explicativas tendencia temporal para capturar efectos de carácter tecnológicos, precipitaciones y temperatura mínima promedio, estarían indicando que los efectos del cambio climático serían favorables para el incremento de la producción de leche. Sin embargo, este resultado sería parcial y limitado si no se considerara el efecto de los incrementos de las temperaturas máximas, las que se estima tengan una mayor incidencia en la reducción de los niveles de confort vacuno, y por tanto en la merma de la producción de leche, propuesto por Rodríguez *et al.* (2003).

Es en este sentido que se presentan los resultados (tabla

Table 4. Summary of results of the estimation for several specifications

Coefficients of CP	FE	FE (robust)	FE vce (robust)	FE AR (1)	PA vec (rob)	PA vec (rob)
lyr	0.811**	0.811**	0.811**	0.856**	0.814**	0.814**
lt	-25.65**	-25.15**	-25.5**	-15.0**	-25.83	-25.81
lrr	-0.063**	-0.063**	-0.063**	-0.01***	-0.062**	-0.062**
lr2	0.0075***	0.007**	0.0075***	0.001***	0.0074**	0.0073**
lr3	-	-	-	-	-	-
ltemp	1.32***	1.32**	1.33***	0.661	1.21	1.18
lte2	-0.101	-0.101	-0.102	-0.073	-0.085	-0.08
lte3	-	-	-	-	-	-
lhrmax	0.0024	0.0024	-	-	-0.012	-
ltmax	-	-0.436	-	-0.436	-	-
ltmin	-	0.267	-	0.267	-	-
C	311.1**	311.1**	311.2**	312***	313.6***	313.3***
Coef of LP						
rr	-0.335	-0.063	-0.336	-	-0.335	-0.335
rr2	0.040	0.007	0.040	-	0.039	0.039
rr3	-	-	-	-	-	-
temedia	6.986	4.579	7.003	-	6.504	6.350
tmedia2	-0.536	-0.504	-0.541	-	-0.454	-0.431
tmedia3	-	-	-	-	-	-
hrmax	0.013	-	-	-	-0.062	-
tmax	-	-3.022	-	-	-	-
tmin	-	1.849	-	-	-	-

Note: ** significant at 5%, ***significant at 10%

climatic scenarios, those of IPCC and those built by INSMET.

As mentioned in the case of fixed effect model using the average minimum temperature, in this case, it also happens that the value of the coefficients estimated by FE and FE (vce robust) specifications are equal, although with better significance levels of the coefficients in the latter case (Greene 2005 b).

In the evaluated specifications, one of robust fixed-effect model is used in heteroscedasticity but with a cubic term, in order to verify if this specification provides a greater evidence of the inverted "U" performance that should characterize the relationship of this type of economic variable with those of climatic type. The model gets worse at the moment of estimating the coefficients, and signs radically change with the inclusion of the quadratic term in the mean temperature, so it throws increasing values of temperature elasticity of milk production, indicating that as mean temperature increases, milk production also increases.

On the other hand, FE (vce robust) model with AR (1) autoregressive fit shows more coherent results, according to significance of estimated coefficients and to expected signs. For example, in the case of rainfall, results show how the "precipitations" elasticity of milk production grows with the increase of rainfall level of up to a level that reaches an average of 1,200 mm per month. The following figures show elasticity-rainfall level and milk production -precipitation (figure 3 A and B).

In this sense, a reduction of rainfall of 29 %, compared to the recorded mean in the last 60 months, would mean a reduction of milk production of about 15 liters per month, almost 180 liters per year. On the other hand, mean temperature elasticity of the production is indicating that, as rains increase, milk production decreases (figure 4).

The increase of mean temperature in about 4 °C (from 25 to 29 °C) may cause elasticity to be reduced in some 0.5 %, which would mean a reduction of milk production in about 1,000 liters per month on average, equivalent to about 12 thousand average liters per year. Finally, the

4) de las corridas de un conjunto de modelos que toman como variables explicativas tanto las precipitaciones como las temperaturas promedio mensual (mínima, promedio y máxima), que por otra parte es la variable cuantificada en los distintos escenarios climáticos disponibles, tanto los del IPCC como en los contruidos por el INSMET.

Como se comentó en el caso del modelo de efectos fijos utilizando la temperatura mínima media, en este caso también ocurre que el valor de los coeficientes estimados por las especificaciones FE y FE (vce robust), son iguales aunque con mejores niveles de significación de los coeficientes en el último caso (Greene, 2005 b).

En las especificaciones evaluadas se utilizan una de efectos fijos robusto en heterocedasticidad pero con un término cúbico, con el fin de constatar si dicha especificación aporta una mayor evidencia del comportamiento de "U" invertida que debería caracterizar la relación de este tipo de variable económica con las de tipo climático. El modelo empeora al momento de estimar los coeficientes, además los signos cambian de manera radical con la incorporación del término cuadrático en la temperatura media, de tal forma que arroja valores crecientes de la elasticidad temperatura de la producción de leche, indicando que en la medida que crece la temperatura media crece más que proporcional la producción de leche.

Por su parte, el modelo FE (vce robust) con ajuste autorregresivo AR (1) muestra resultados más coherentes tanto en cuanto a la significación de los coeficientes estimados como a los signos esperados. Por ejemplo, en el caso de las precipitaciones los resultados muestran cómo la elasticidad "precipitaciones" de la producción de leche crece con el incremento del nivel de las precipitaciones hasta un nivel de las mismas que rozan los 1200 mm promedio por mes. A continuación se presentan los gráficos de la elasticidad-nivel de precipitaciones y el de la producción de leche - precipitación (figura 3 A y B).

En este sentido, una reducción en las precipitaciones del 29 % respecto al promedio registrado en los últimos 60 meses significaría una reducción de la producción de leche de unos 15 litros por mes, casi 180 litros al año. Por su parte, la elasticidad temperatura media de la producción está indicando que en la medida que aumentan éstas la producción de leche se reduce (figura 4).

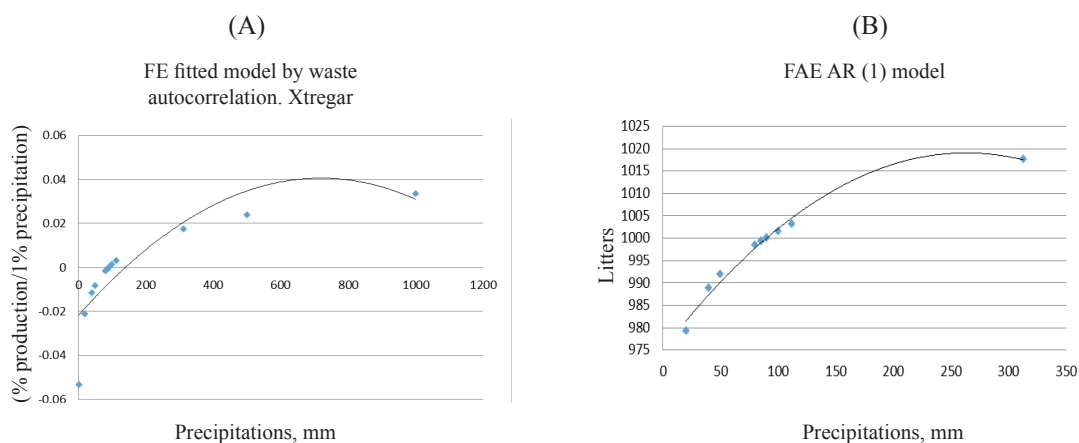


Figure 3. Precipitations Vs elasticity (A) and Production (B)

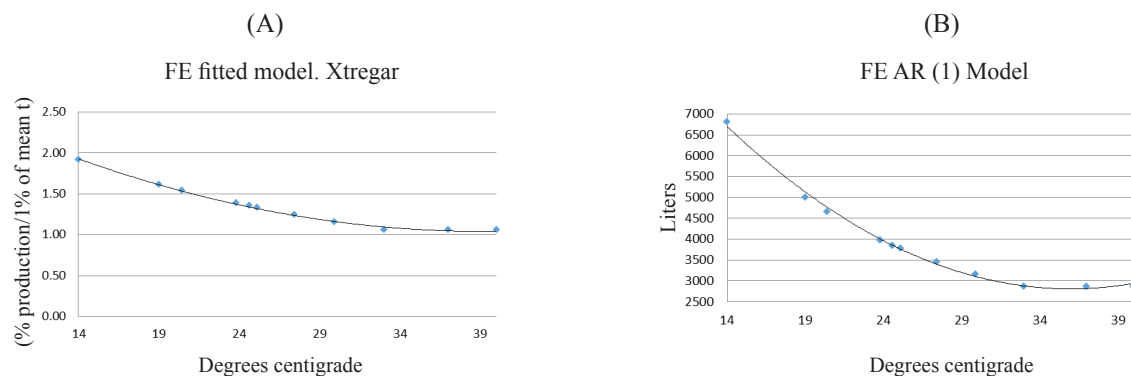


Figure 4. Mean temperature vs. elasticity (A) and milk production (B)

evaluation of the results of FE (vec robust) models show similar results to the model fitted by autocorrelation of the perturbations. Values of precipitation elasticity and mean temperature of milk production increase more than proportionally with the growth of average monthly precipitation volumes and decrease with the increase of temperature (figure 4).

In this model, rainfall reduction from the average levels recorded in the last 60 months at 80 mm, only mean reductions in average milk production of five liters (figure 5), about 60 liters per year, which is half of the value reported by the model fitted by autocorrelation, previously analyzed. In terms of temperature, the increase of mean temperature in 4 °C, from 25 to 29 °C, means that milk production is reduced by an average of 1,000 liters per month, similar to the AR (1) model, analyzed above, with 12 thousand liters per year.

Finally, the results obtained for the population mean model are presented. Firstly, in this model, the significance of coefficients obtained for precipitations, significantly different from zero for 95 %, is highlighted, while for temperature is not the same because they are the least significant of all the studied models.

The results in terms of long-term elasticities are similar regarding trend in relation to the rest of the models. However, it shows a higher level of sensitivity, for example, reduction of precipitations from 112 to 80 mm, its incidence on the reduction of

El incremento de la temperatura media en unos 4 °C (de 25 a 29 °C), provocaría que la elasticidad se reduciría en unos 0.5 puntos porcentuales, lo que significaría una reducción de la producción lechera en unos 1 000 litros mensuales como promedio, equivalente a unos 12 mil litros promedio al año. Finalmente, la evaluación de los resultados de los modelos FE (vec robust), arrojan resultados similares al modelo ajustado por autocorrelación de las perturbaciones. Tanto los valores de elasticidad precipitaciones como la de temperatura media de la producción de leche crecen más que proporcionalmente con el aumento de los volúmenes de precipitaciones promedio mensual y se reducen con el aumento de la temperatura (figura 4).

En este modelo, la reducción de las precipitaciones desde los niveles promedios registrados en los últimos 60 meses al nivel de 80 mm solo significan reducciones de la producción media de leche de cinco litros (Figura 5), unos 60 litros al año, la mitad de lo reportado por el modelo ajustado por autocorrelación analizado antes. En cuanto a la temperatura, el incremento de la temperatura media en 4 °C, de 25 a 29 °C, hace que la producción de leche se reduzca unos 1 000 litros como promedio al mes, similar al modelo AR (1) antes analizado, 12 mil litros en el año.

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos para el modelo de media poblacional. En primer lugar destaca en este modelo la significación de los coeficientes obtenidos para los términos de precipitaciones, significativamente diferentes de cero para el 95 %, mientras que para los de temperatura no ocurre igual, son los menos significativos de todos los modelos estudiados.

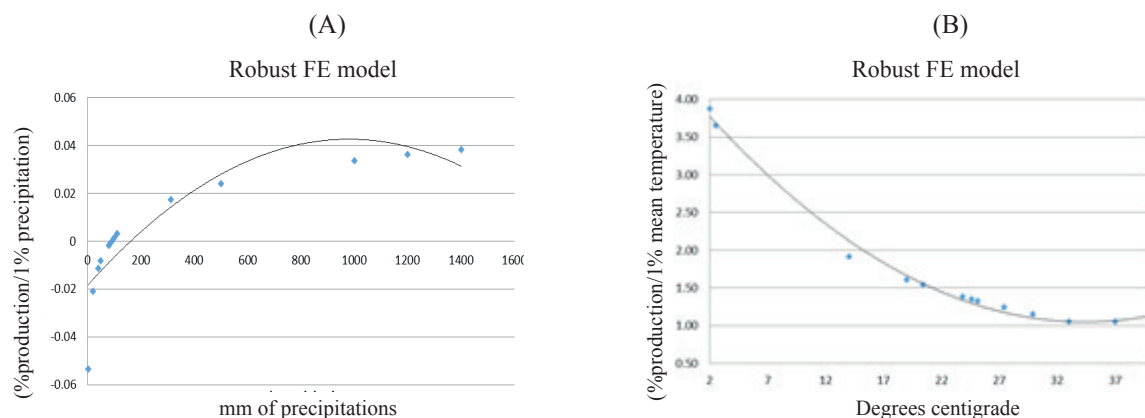


Figure 5. Elasticity precipitation (A) and temperature (B) of milk production

milk production is five times higher than FE models (it reduces about 50 liters per month on average, about 600 liters per year). For its part, the increase of 4 °C, means in this model, a reduction of milk production per month of about 650 liters, about 7,000 liters per year.

The results obtained using mean temperature as one of the factors that characterize climate change, are quite modest results in relation to the response of the elasticity changes resulting from variations in precipitation levels and temperature values, which suggests that a variable that captures the effect on milk production could be mean maximum temperature.

Indeed, table 5 summarizes the results of the run of a robust fixed-effect model in heteroscedasticity using the maximum temperature as an explanatory variable to replace mean temperature.

Values of long-term coefficients for precipitations do not differ much from the models discussed above. However, impacts on milk production due to the increase of maximum temperature are significantly higher than

Los resultados en cuanto a elasticidades de largo plazo son similares en cuanto a tendencia con relación al resto de los modelos, sin embargo muestra un mayor nivel de sensibilidad, por ejemplo reducción de las precipitaciones de 112 a 80 mm, su incidencia sobre la reducción de la producción de leche se quintuplica con relación a los modelos FE (se reduce unos 50 litros por mes como promedio, unos 600 litros al año). Por su parte, el incremento de 4 °C, significa en este modelo una reducción en la producción de leche por mes de unos 650 litros, unos 7 000 litros al año.

Los resultados obtenidos utilizando la temperatura media como uno de los regresores que caracterizan al cambio climático, dan resultados bastantes modestos en relación a la respuesta de los cambios de las elasticidades resultantes de variaciones en los niveles de precipitación y valores de temperatura, lo cual hace sospechar que una variable que capture el efecto sobre la producción de leche podría ser la temperatura máxima media.

En efecto, en la tabla 5 se resumen los resultados de la corrida de un modelo de efectos fijos robusto en

Table 5. Results of estimation of dynamic panel data model with robust fix effects in heteroscedasticity

	Results at short term				Results at long term		
	Coefficient	F > t	Confidence interval		Coefficient	Confidence interval	
			Inferior	Superior		Inferior	Superior
lyr	0.806	0.000	0.685	0.927	0.194	-0.315	1.073
year	-0.00014	0.400	-0.0006	0.0003	-0.001	-0.0019	0.0041
lrr	-0.0557	0.009	-0.086	-0.026	-0.287	-0.356	-0.273
lrr2	0.0072	0.003	0.0046	0.0098	0.037	0.0146	0.1342
ltemax	11.81	0.380	-24.7	48.36	60.88	-78.51	662.465
ltemax ²	-1.656	0.404	-7.09	3.78	-8.54	-22.51	51.78
lhrmax	0.644	0.004	0.384	0.904	3.32	1.219	12.38
const	4.535	0.790	-45.89	54.95	23.38	-32.72	234.12

Source: STATA 12.0

those obtained when using mean monthly temperature values.

The reduction of the volume of precipitations from the average level of the last 60 months to about 80 mm per month would imply a very modest reduction of milk production of only 30 liters per month, about 360 liters per year, which is not very different from the results of previous models.

However, the increase of 4 °C in the maximum monthly temperatures, this is 29 to 33 °C, would have an important impact on milk production, in this case, it would be reduced by about 14 thousand liters per month, 5 % of mean monthly production, which would be equivalent to a loss of almost 170 thousand liters a year.

This way, it is verified that, according to the information available, milk production is affected by the reduction of rainfall but more limited in relation to impacts of the increase of mean temperature values

heterocedasticidad utilizando la temperatura máxima como variable explicativa en sustitución de la temperatura media.

Los valores de coeficientes de largo plazo para las precipitaciones no difieren mucho de los modelos antes discutidos. Sin embargo, los impactos en la producción de leche por el incremento de la temperatura máxima son notablemente superiores a los obtenidos al utilizar los valores medio de temperatura mensual.

En efecto la reducción de los volumen de precipitaciones desde el nivel promedio de los últimos 60 meses a unos 80 mm mensuales implicaría una reducción modestísima de la producción de leche de apenas 30 litros por mes, unos 360 litros año, cantidad no muy diferente que lo que arrojan los resultados de los modelos anteriores.

Sin embargo el incremento de 4 °C en las temperaturas máximas mensuales, esto es de 29 a 33 °C, tendría una repercusión importante en la producción lechera, en este caso la misma se reduciría en unos 14 mil litros

and that this is much more remarkable when taking into account variations in the maximum temperature. This result is much more consistent with the comfort values for dairy cattle reported for the country (table 6).

The use of a population mean model using average maximum temperature shows similar results in terms

por mes, un 5 % de la producción media mensual, que al año equivaldrían a una pérdida de casi 170 mil litros.

De esta forma se constata que de acuerdo con la información disponible la producción de leche es afectada por la reducción de las precipitaciones pero de forma más limitada en relación a los impactos provenientes del aumento de los valores promedio de la temperatura y que

Table 6. Classification of climate regime (comfort) for milk cattle

Limits of temperature (°C)				Classification of thermal regime	Degree	State of the animals
Inferior from	to	Superior from	to			
-	-	16	24	Ideal	5	This is the best state and the best productivity
10	16	24	27	Favorable	4	Animals are active, their state is completely satisfactory, productivity is normal
7	10	27	30	Not totally favorable	3	Insignificant tiredness of animals, particularly at noon, when extreme temperatures occur.
-	-	30	35	Unfavorable	2	Visible tiredness by movement moderation, shade searching, decrease of appetite and productivity.
-	-	35	40	Very unfavorable	1	Significant tiredness of animals, low appetite, accelerated breathing rhythm and minimum respiration.

Source: Delgado (2010)

of impact on milk production in Jimaguayú. Graphs in figure 6 compare the results of this last specification with the one mentioned in previous paragraphs. Both specifications report very similar reductions in milk production for the 4 °C increase of mean monthly maximum temperature, like 14.2 thousand liters for the population mean model versus 14.3 in the case of the fixed effect model analyzed above. Similar performances are reported by several international studies (for example, Galindo 2010, for Mexico).

éste es muchísimo más notable cuando se tiene en cuenta las variaciones de la temperatura máxima. Tal resultado es mucho más coherente con los valores de confort para el ganado lechero reportados para el país (tabla 6).

La utilización de un modelo de media poblacional utilizando temperatura máxima promedio arroja resultados similares en cuanto al impacto sobre la producción de leche en Jimaguayú. Los gráficos de la figura 6, comparan los resultados de esta última especificación con la comentada en los párrafos anteriores. Ambas especificaciones reportan reducciones muy similares de la producción de leche para el incremento en 4 °C de la temperatura máxima promedio

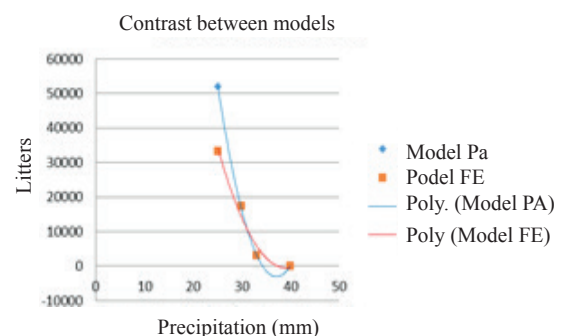
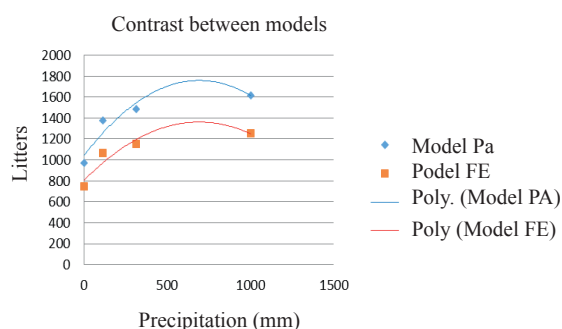


Figure 6. Contrast between FE models and population means for precipitations and maximum temperature (B)

Conclusions

Due to the reduction of precipitations by 32 mm, from 112 to 80 (28 % of the monthly average), milk production could be affected between just 60 liters (robust FE models) up to 1,000 liters (model of robust population average), that is, reductions in milk production between 1,000 and 12,000 liters per year.

mensual a saber: 14.2 miles de litros para el modelo de media poblacional versus 14.3 en el caso del modelo de efectos fijos analizado anteriormente; comportamientos similares son reportados por varios estudios internacionales (por ejemplo, Galindo, 2010, para México).

Conclusiones

La reducción de las precipitaciones en unos 32 mm, desde los 112 a los 80 (28 % de la media mensual) la

With the increase of the average monthly temperature in 4 °C (from 24.6 to 28.6 °C), milk production will be affected in approximately a range from 8 thousand to 12 thousand liters per year (650 a 1,000 liters per month), for robust FE specifications, up to 120 thousand liters in the case of population mean model.

On the other hand, the increase of maximum temperature in 4 °C would cause a reductions of milk production of 14 thousand liters per month (approximately 170 thousand liters per year), both in the FE specification and in the population average, which is remarkably higher than the results with the use of mean monthly temperature. This reduction of milk production would be equivalent to 64 % and almost 15% of mean and maximum monthly production value, respectively, of the last 60 months of the four enterprises of the Jimaguayú municipality. In monetary terms, the amount of milk that was not produced would be in the order of 120 thousand dollars in 2012, assuming a cost of 0.05 USD/L, an extraordinary amount for the budget of the municipality.

producción de leche podría verse afectada entre apenas 60 litros (modelos FE robusto) hasta los 1 000 litros (modelo de media poblacional robusto), esto es, reducciones de la producción de leche entre 1 000 y 12 000 litros al año.

Con el incremento de la temperatura media mensual en 4 °C (desde 24,6 a 28,6 °C), la producción de leche se verá afectada en aproximadamente en un rango que va desde los 8 mil a 12 mil litros al año (650 a 1 000 litros por mes), para las especificaciones FE robustas, hasta 120 mil litros en el caso del modelo de media poblacional.

Por su parte, el incremento de la temperatura máxima en 4 °C provocaría reducciones de la producción de leche del orden de los 14 mil litros mensuales (aproximadamente 170 mil litros al año), tanto en la especificación de EF como en la de media poblacional, lo que es notablemente mayor a los resultados observados al utilizar la temperatura media mensual. Esta reducción en la producción de leche equivaldría al 64 % y casi el 15 % del valor promedio y máximo de producción mensual, respectivamente, de los últimos 60 meses de las cuatro entidades del municipio Jimaguayú. En términos monetarios, la cantidad de leche dejada de producir estaría en el orden de los 120 mil dólares constantes del 2012, suponiendo un costo de 0.05 US\$/L, cantidad extraordinaria para el presupuesto del municipio.

References

- Berndt, E. 1991. The practice of Econometrics. Classic and contemporary. Addison Wesley Publishing Company. Reading Massachusset, Menlo Park. ISBN 0-201-17628 - 9. New York.
- Centella, A., J. Llanes, L. Paz, C. López, y M. Limia. 2001. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. República de Cuba, 166 pp.
- Delgado, C. 2010. Condiciones de confort para la explotación de la ganadería en Cuba. Ganadería tropical. Centro de Meteorología Agrícola. Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.
- Galindo, L.M. 2010. La Economía del Cambio Climático en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental. Dirección General Adjunta de Análisis de Política y Financiamiento Estratégico. Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña, C.P. 14210, Tlalpan, México, D.F. ISBN 978-607-7908-06-7. Impresos en México, D.F. Julio 2010.
- Greene, W.H. 1993. Econometric Analysis. Prentice Hall Inc. A. Simon & Schuster Company. Upper Saddle River, New Jersey 07458. ISBN 0-02-346602-2.
- Greene, W.H. 2005a. Reconsidering Heterogeneity in Panel Data Estimators of the Stochastic Frontier Model. *Journal of Econometrics*, 126: 269-303
- Greene, W. H. 2005b. Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of Productivity Analysis*, 23(1): 7–32.
- Hausman, J.A. 1978. Specification test in econometrics. *Econometrica*, 46: 1251 - 1271.
- Hausman, J. & McFadden, C. 1984. Specification test in econometrics. *Econometrica*, 52, 1219 – 1240
- Instituto Provincial de Meteorología 2015. Base de datos climáticos por estaciones de la provincia de Camagüey. Camagüey. Cuba
- MINAG 2011. Composición del rebaño a nivel nacional al termino del 2007. Registro Pecuário. MINAG, La Habana, Cuba, 5 pp
- Planos, E., Rivero, R. & Guevara, V. 2013a. Impactos del Cambio Climático en las actividades evaluadas. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, pp 122. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente. La Habana, Cuba
- Planos, E., Rivero, R. & Guevara, V. 2013b. Impacto del Cambio Climático y medidas de adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencias Tecnologías y Medio Ambiente. La Habana, Cuba, 430 pp.
- Planos, E., Rivero, R. & Guevara, V. 2014. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología y Centro Meteorológico de Camagüey; CITMA; PNUD. La Habana
- Pérez, C. 2008. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Editorial Pearson Hall. ISBN 978-84-8322-479-3; Madrid.
- Pérez, R., Aguilar, G., Ballester, M., Carnesoltas, M., Cutié, V., Fonseca, C., González, C., Lapinel, B., Limia, M., Planos, E. & Vega, R. 2013. Segunda Evaluación de las Variaciones y Tendencias del Clima en Cuba. Taller sobre la Vulnerabilidad y Adaptación en Cuba al Cambio Climático Habana 2013. Instituto de Meteorología. Agencia de Medio Ambiente. CITMA.
- Rivero Jaspe, R.R. & Rivero Vega, R. E. 2004. Integración de los impactos del cambio climático en la provincia Camagüey. Centro Meteorológico de Camagüey; Camagüey.

- Rivero, R. R. 2008. Workbook on Climate Change Impact assessment in Agriculture. Basic knowledge, methodologies and tools. In collaboration with the Caribbean Community Climate Change Centre & the Cuban Institute of Meteorology, sponsored by The Commonwealth Secretariat. ISBN 978-976-95260-1-3.
- Riverol, M. & Richelme, W. A 2011. Opciones de mitigación en el sector agropecuario, cambio de la agricultura de altos insumos a la agricultura de conservación. Reporte del Instituto de Suelos al Producto Mitigación de la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático. La Habana. Cuba. 38 pp
- Rodríguez, A., Roger, E., Rivero Vega, Z. I. Rivero Jaspe, R. R., Rivero Jaspe, D., García Bargados, R., Varela Ledesma, N. & Pérez Abraham, I. 2003. Impacto sobre los pastos y el ganado vacuno. Centro Meteorológico de Camagüey. Departamento científico.
- Somoza, J. 2008. Energía y Desarrollo. Cuba en el contexto de América Latina y Caribe. Revista Cuba: Investigación Económica. 14(2): 55-90. ISSN 1026-485X
- STATA 12.0: Stata Corp web site at <http://www.stata.com>

Received: December 13, 2017