

Study of some climate indicators at the Institute of Animal Science from 1967 to 2013 and their relation with grasses

Estudio de algunos indicadores del clima en el Instituto de Ciencia Animal en el periodo 1967-2013 y su relación con los pastos

Rafael S. Herrera, Manuel García and Ana M. Cruz

Instituto de Ciencia Animal

*C. Central km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque
rherrera@ica.co.cu*

The performance of some climate indicators (total rainfall, number of days with rain, minimum, maximum and mean temperatures, minimum temperature less than 15 °C and maximum temperature higher than 27 °C) was studied during the period 1967-2013. The statistics mean or total value (according to the indicator) per year and climatic season (rainy and dry season), standard deviation, variance and coefficient of variation were determined, and linear regression equation was fitted between climatic indicators and decades. The number of days with rain decreased from 93.7 in the decade 1970-1979 to 81.1 in the period 2000-2009, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 5.73, 32.78 and 9.59 %, respectively as well as $r = -0.97$ ($P < 0.0001$). Total rainfall decreased from 1,459.6 mm in the decade 1970-1979 up to 1,327.6 mm in the 2000-2009 stage, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 30.49, 929.42 and 2.79 %, respectively as well as $r = -0.87$ ($P < 0.0001$). The number of days with maximum temperature higher than 27 °C increased from 222.9 in the decade 1970-1979 up to 279.6 in the period 2000-2009, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 15.25, 232.70 and 10.32 %, respectively as well as $r = 0.99$ ($P < 0.0001$). The number of days with minimum temperature less than 15 °C decreased from 57.4 in the decade 1970-1979 up to 43.9 in the period 2000-2009, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 7.33, 53.72 and 14.59%, respectively as well as $r = -0.92$ ($P < 0.0001$). The maximum temperature increased from 29.6 °C in the decade 1970-1979 up to 30.8 °C in the period 2000-2009, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 0.60, 0.06 and 1.88 %, respectively as well as $r = 0.95$ ($P < 0.0001$). The minimum temperature increased from 20.4 °C in the decade 1970-1979 to 23.4 °C in the period 2000-2009, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 1.31, 1.71 and 6.09%, respectively as well as $r = 0.95$ ($P < 0.0001$). Mean temperature increased from 23.8 °C in the decade 1970-1979 to 26.7 °C in the period 2000-2009, with standard deviation, variance and coefficient of variation of 0.66, 0.64 and 2.50 %, respectively as well as $r = 0.92$ ($P < 0.0001$). During dry and rainy season, indicators had similar performance, but with specific values for each one of them. When applying these results in *Cenchrus purpureus*, there was a decrease in yield and an increase in height when comparing the decade 1979 *versus* 2010. The profile of indicators studied in 40 years (baseline) is available and compared with what happened in the period 2010 -2013. Variability of indicators by decade and climate season is known. The presence of climate change is appreciated. There are databases that allow to establish longer-term prediction models and their impact on forage biomass production.

Key words: *rain, temperature, seasonal values*

Since its creation in 1965, the Institute of Animal Science has an area for the meteorological station of second order in charge of collecting data of several climate indicators. The first information was published

Se estudió el comportamiento de algunos indicadores del clima (lluvia total, número de días con lluvia, temperaturas mínima, máxima y media, temperatura mínima menor de 15 °C y temperatura máxima mayor de 27 °C) durante el período 1967-2013. Se determinaron los estadígrafos valor medio o total (según el indicador) por año y estación climática (período lluvioso y poco lluvioso), desviación estándar, varianza y coeficiente de variación, y se ajustaron ecuación de regresión lineal entre los indicadores climáticos y las décadas. El número de días con lluvia disminuyó desde 93.7 en la década 1970-1979 hasta 81.1 en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 5.73, 32.78 y 9.59 %, respectivamente así como $r = -0.97$ ($P < 0.0001$). La lluvia total disminuyó desde 1459.6 mm en la década 1970-1979 hasta 1327.6 mm en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 30.49, 929.42 y 2.79 %, respectivamente así como $r = -0.87$ ($P < 0.0001$). El número de días con temperatura máxima mayor de 27 °C aumentó desde 222.9 en la década 1970-1979 hasta 279.6 en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 15.25, 232.70 y 10.32 %, respectivamente así como $r = 0.99$ ($P < 0.0001$). El número de días con temperatura mínima menor de 15 °C disminuyó desde 57.4 en la década 1970-1979 hasta 43.9 en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 7.33, 53.72 y 14.59 %, respectivamente así como $r = -0.92$ ($P < 0.0001$). La temperatura máxima aumentó desde 29.6 °C en la década 1970-1979 hasta 30.8 °C en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 0.60, 0.06 y 1.88 %, respectivamente así como $r = 0.95$ ($P < 0.0001$). La temperatura mínima aumentó desde 20.4 °C en la década 1970-1979 hasta 23.4 °C en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 1.31, 1.71 y 6.09 %, respectivamente así como $r = 0.95$ ($P < 0.0001$). La temperatura media aumentó desde 23.8 °C en la década 1970-1979 hasta 26.7 °C en la etapa 2000-2009, con desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de 0.66, 0.64 y 2.50 %, respectivamente así como $r = 0.92$ ($P < 0.0001$). Durante el período poco lluvioso y en el lluvioso los indicadores tuvieron similar comportamiento, pero con valores específicos para cada uno de ellos. Al aplicar estos resultados en *Cenchrus purpureus* se observó disminución del rendimiento y aumento de la altura al comparar la década 1979 *versus* 2010. Se dispone del perfil de los indicadores estudiados en 40 años (línea base) y se comparan con lo ocurrido en la etapa 2010-2013; se conoce la variabilidad de los indicadores por década y estación climática; se aprecia la presencia del cambio climático; existen las bases de datos que permiten establecer modelos de predicción a mayor plazo y su repercusión en la producción de biomasa forrajera.

Palabras clave: *lluvia, temperaturas, valores estacionales*

El Instituto de Ciencia Animal desde su fundación 1965 cuenta con un área para la estación meteorológica de segundo orden encargada de recopilar los datos de varios indicadores del clima. La primera información

by Herrera *et al.* (1977) and covered the period from May, 1966 to April, 1974.

It is known the importance of climate factors in social and economic life of a country. Thus, it is a constituted science that plant species are able to exist, reproduce and survive only in certain climatic and edaphic contexts, which can be considered as the tolerance of species to these conditions.

With the development of science it, has been shown that not only climatic factors influence on the plant productivity. Factors such as soil characteristics, fertilization, water availability, sowing season and management, among others, have an important function in plant production systems. Grasses are a clear example of the aforementioned and, under the conditions of Cuba, there is information on the influence of climate and management factors on their performance (Crespo and Herrera 1982, Herrera and Ramos 2006 and Herrera 2015).

Fonseca-Rivero *et al.* (2018) noted that mean temperature in Cuba has tended to increase from 1961 to 2017, while in the rain occurred the opposite. Duran-Llacer (2016) studied the distribution of days with rain and drought periods in the Western region of Cuba and reported variability and intensity of these factors, while Lapinel-Pedroso *et al.* (2015) studied the agricultural and meteorological droughts and indicated their dangers in different regions of Cuba.

Taking into account the previous information, to the extent that the performance and magnitude of the variability of climatic factors is known, it will be possible to influence the production of viable and environmentally friendly productions, especially at this stage where climate change is already present.

Due to the function of climate in plant production, the objective of this study was to determine the performance of some climatic factors in the period 1967-2013 in the Institute of Animal Science and relate it to forage production.

Materials and Methods

Localization. The meteorological station of the Institute of Animal Science is located in Havana-Matanzas plain, San José de las Lajas municipality, Mayabeque province and specifically located at 22° 53' North and 82 ° 02' West, at 80 m over sea level.

Procedure. Data was taken from the files of this station and the indicators were the following: total rainfall, number of days with rain, minimum, maximum and mean temperatures, minimum temperature lower than 15 °C and maximum temperature higher than 27 °C. This information covered the period 1967-2013.

Data processing and statistical analysis. The first stage consisted of obtaining mean or total values (according to the indicator) of each month in every year. Later, the values were obtained for the year and for each climate season (dry and rainy season). Afterwards,

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 52, Number 4, 2018.

se publicó por Herrera *et al.* (1977) y abarcó el período comprendido desde mayo de 1966 hasta abril de 1974.

Se conoce la importancia que tienen los factores climáticos en la vida social y económica de un país. Así, es ciencia constituida que las especies vegetales son capaces de existir, reproducirse y perdurar sólo en determinados contextos climáticos y edáficos, lo cual puede ser considerado como la tolerancia de las especies a esas condiciones.

Con el desarrollo de la ciencia se ha demostrado que no solo los factores climáticos influyen en la productividad de las plantas. Factores como las características de los suelos, fertilización, disponibilidad de agua, época de siembra y manejo, entre otros, desempeñan importante papel en la producción de los sistemas vegetales. Los pastos son un claro ejemplo de lo antes mencionado y en las condiciones de Cuba existe información sobre la influencia de los factores climáticos y de manejo en su comportamiento (Crespo y Herrera 1982, Herrera y Ramos 2006 y Herrera 2015).

Fonseca-Rivero *et al.* (2018) señalaron que la temperatura media en Cuba ha tendido al incremento desde 1961 hasta 2017, mientras que en la lluvia ocurrió lo contrario. Duran-Llacer (2016) estudió la distribución de los días con lluvia y los períodos de sequía en la región occidental de Cuba e informó la variabilidad e intensidad de estos factores, mientras que Lapinel Pedroso *et al.* (2015) estudiaron las sequías agrícolas y meteorológicas y señalaron sus peligros en diferentes regiones de Cuba.

Al tener en cuenta lo anterior, en la medida que se conozca el comportamiento y la magnitud de la variabilidad de los factores climáticos, se podrá influir en la obtención de producciones viables y amigables con el medio ambiente, en especial en esta etapa donde el cambio climático ya está presente.

Debido al papel que desempeña el clima en la producción vegetal, el objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento de algunos factores climáticos en el período 1967-2013 en el Instituto de Ciencia Animal y relacionarlo con la producción forrajera.

Materiales y Métodos

Localización. La estación meteorológica del Instituto de Ciencia Animal se encuentra ubicada en la llanura Habana-Matanzas, municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque y situada específicamente en los 22° 53' de latitud norte y los 82° 02' de longitud oeste, a 80 m sobre el nivel del mar.

Procedimiento. Los datos se tomaron de los archivos de la referida estación y fueron los siguientes: lluvia total, número de días con lluvia, temperaturas mínima, máxima y media, temperatura mínima menor de 15 °C y temperatura máxima mayor de 27 °C. Esta información abarcó el periodo 1967-2013.

Procesamiento de los datos y análisis estadístico. La primera etapa consistió en obtener los valores promedio o totales (según el indicador) de cada mes en cada año. Con

this information was grouped by decades. The statistics mean, variance, standard deviation and coefficient of variation were determined. In addition, regression analysis was carried out between years (independent variable) and climatic indicators (dependent variable). The best expression was selected when taking into account the highest value of Pearson coefficient and high significance. Furthermore, data of height and performance of *Cenchrus purpureus* published in the Cuban Journal of Agricultural Science was used to know the effect of climate factors in the 1970's and 2000's. For all the above, the SPSS (Visauta 2007) program was used.

Results

Precipitation of each decade decreased as time passed. The differences between the decades of 1970-1979 and 2000-2009 were 69.2, 62.6 and 132 mm of rainfall for the rainy, dry and annual periods, respectively. Precipitations per decade had high variance and low coefficient of variation. It was observed that the percentage of rain in the dry season tended to decrease with time. A linear regression equation was fitted between rainfall and years for each stage. Pearson coefficient was highly significant for the three expressions and the highest slope was registered in the expression of year, while the lowest was for dry season (table 1).

The number of days with rains decreased in the two

posterioridad se obtuvieron los valores para el año y para cada estación climática (período poco lluvioso y lluvioso). Después esta información se agrupó por décadas. Se determinaron los estadígrafos media, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación. Además, se realizó análisis de regresión entre los años (variable independiente) y los indicadores climáticos (variable dependiente). Se seleccionó la mejor expresión al tener en cuenta el mayor valor del coeficiente de Pearson y alta significación. Además, se emplearon los datos de altura y rendimiento de *Cenchrus purpureus* publicados en Cuban Journal of Agricultural Science para conocer el efecto de los factores climáticos en las décadas de 1970 y 2000. Para todo lo anterior se utilizó el programa SPSS (Visauta 2007).

Resultados

Las precipitaciones de cada década disminuyeron en la medida que transcurrió el tiempo. Las diferencias entre las décadas 1970-1979 y 2000-2009 fueron de 69.2, 62.6 y 132 mm de lluvias para el período lluvioso, poco lluvioso y anual, respectivamente. Las precipitaciones por década tuvieron alta varianza y bajo coeficiente de variación. Se apreció que el por ciento de lluvia en el período poco lluvioso tendió a disminuir con el tiempo. Se ajustó una ecuación de regresión lineal entre la lluvia y los años para cada etapa. El coeficiente de Pearson fue altamente significativo para las tres expresiones y la mayor pendiente se registró en la expresión del año, mientras que la menor fue para el período poco lluvioso (tabla 1).

Table 1. Performance of rains in the period between 1967 and 2013

Decade	Rainy period	Dry period	Year
1967-1969	-	-	1531.4
1970-1979	1118.5	341.1 (23.37%)	1459.6
1980-1989	1108.2	311.7 (21.95%)	1419.9
1990-1999	1092.6	311.9 (22.20%)	1404.5
2000-2009	1049.3	278.3 (20.96%)	1327.6
2010-2013	1243.8	223.2 (15.21%)	1467.0
Statistics			
SD	-	-	30.49
Var	-	-	929.42
VC,%	-	-	2.79
Equations	Expression	r	P
Year	$Y=1461.3 - 23.9X$	-0.87	0.001
Rainy period	$Y=1097.8 - 2.24X$	-0.99	0.0001
Dry period	$Y= 375.8 - 18.82X$	-0.95	0.0001

() percent of the total

seasonal periods and in the year with values that ranged between 11.0 and 12.7 days. Standard deviation, variance and variation coefficient for the year were 5.73, 32.78 and 9.59 %, respectively. Linear regression equations between the number of days with rain and the years showed highly significant Pearson coefficients for the

El número de días con lluvias disminuyó en los dos períodos estacionales y en el año con valores que oscilaron entre 11.0 y 12.7 días. La desviación estándar, varianza y coeficiente de variación para el año fueron de 5.73, 32.78 y 9.59 %, respectivamente. Las ecuaciones de regresión lineal entre el número de días con lluvia

three expressions and the highest negative slope was registered in the rainy period, while the lowest was for the dry season (table 2).

The maximum temperature in the two seasonal periods and in the year showed a tendency to increase that ranged between 1.2 and 3.0 °C, being this variation more significant during dry season. Values for standard deviation, variance and variation coefficient for the year were 0.60, 0.36 and 1.88 %, respectively. The relationships between maximum temperature and the years showed highly significant Pearson coefficients for the three expressions and the highest slope was registered in the dry season, while the lowest was for the year (table 3).

The number of days with maximum temperature higher than 27 °C increased in the two seasonal periods and in the year. The increase varied between 21.5 and

y los años mostraron coeficientes de Pearson altamente significativos para las tres expresiones y la mayor pendiente negativa se registró en el período lluvioso, mientras que la menor fue para el poco lluvioso (tabla 2).

La temperatura máxima en los dos períodos estacionales y en el año mostró tendencia al incremento que osciló entre 1.2 y 3.0 °C siendo esta variación más significativa en el período poco lluvioso. Los valores para la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación para el año fueron de 0.60, 0.36 y 1.88 %, respectivamente. Las relaciones entre la temperatura máxima y los años mostraron coeficientes de Pearson altamente significativos para las tres expresiones y la mayor pendiente se registró en el período poco lluvioso, mientras que la menor fue para el año (tabla 3).

El número de días con temperatura máxima mayor de 27 °C aumentó en los dos períodos estacionales y en el

Table 2. Values of the number of days in the period between 1967 and 2013

Decade	Rainy period	Dry period	Year
1967-1969	-	-	95.9
1970-1979	64.3	32.0	93.7
1980-1989	63.1	30.6	86.8
1990-1999	59.8	29.5	85.3
2000-2009	51.6	21.0	81.1
2010-2013	16.4	48.6	64.8
Statistics			
SD	-	-	5.73
Var	-	-	32.78
VC,%	-	-	9.59
Equations	Expression	r	P
Year	$Y=96.55 - 3.93X$	-0.97	0.0001
Rainy period	$Y=70.05 - 4.64X$	-0.96	0.0001
Dry period	$Y=36.8 - 3.41X$	-0.89	0.0001

Table 3. Variations of maximum temperature between 1967 and 2013

Decade	Rainy period	Dry period	Year
1967-1969	31.4	28.2	29.8
1970-1979	31.5	27.8	29.6
1980-1989	31.5	29.8	29.8
1990-1999	32.3	30.8	30.8
2000-2009	32.7	30.8	30.8
2010-2013	30.4	26.7	28.5
Statistics			
SD	-	-	0.60
Var	-	-	0.36
VC,%	-	-	1.88
Equations	Expression	r	P
Year	$Y=30.9 + 0.44X$	0.95	0.0001
Rainy period	$Y=21.9 + 0.46X$	0.93	0.0001
Dry period	$Y=27.0 + 0.65X$	0.93	0.0001

56.7. Values for standard deviation, variance and variation coefficient for the year were 15.25, 232.75 and 10.32 %, respectively. The relationships between the number of days with maximum temperature higher than 27 °C and the years showed highly significant Pearson coefficients for the three expressions and the highest slope was registered in the year, while the lowest was for the dry season (table 4).

The minimum temperature in the two seasonal

año. El incremento varió entre 21.5 y 56.7. Los valores para la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación para el año fueron de 15.25, 232.75 y 10.32 %, respectivamente. Las relaciones entre el número de días con temperatura máxima mayor de 27 °C y los años mostraron coeficientes de Pearson altamente significativos para las tres expresiones y la mayor pendiente se registró en el año, mientras que la menor fue para el período poco lluvioso (tabla 4).

Table 4. Fluctuations of number of days with maximum temperature higher than 27 °C between 1967 and 2013

Decade	Rainy period	Dry period	Year
1967-1969			220.3
1970-1979	131.5	97.7	222.9
1980-1989	146.0	101.0	247.0
1990-1999	145.6	111.2	264.8
2000-2009	168.4	119.2	279.6
2010-2013	149.0	88.0	237.0
Statistics			
SD	-	-	15.25
Var	-	-	232.78
VC,%	-	-	10.32
Equations	Expression	r	P
Year	$Y=212.9 + 16.94X$	0.99	0.0001
Rainy period	$Y=120.3 + 11.03X$	0.93	0.0001
Dry period	$Y=88.6 + 7.47X$	0.98	0.0001

periods and in the year showed a tendency to increase that ranged between 0.8 and 3.0 °C, being this more significant in the rainy period. The values for standard deviation, variance and variation coefficient for the year were 0.61, 0.44 and 2.5 %, respectively. The regression equations between minimum temperature and the years showed highly significant Pearson coefficients for the three expressions and the highest slope was registered in the year, while the lowest was for dry season (table 5).

The number of days with a minimum temperature of less than 15 °C, only present in dry season, decreased up to the decade of 2010 and this decrease was 13.5 days. The values for standard deviation, variance and variation coefficient were 7.33, 53.77 and 14.59 %, respectively (table 6). The regression equation between this indicator and the years is represented by $Y=63.35 - 5.23X$, $r=-0.92$, and $P = 0.0001$.

Mean temperature in the two seasonal periods and in the year showed a tendency to increase that oscillated between 1.4 and 2.4 °C, being this more significant in the rainy period. The values for standard deviation, variance and variation coefficient for the year were 0.61, 0.44 and 2.50 %, respectively. The relationships between mean temperature and years showed highly significant Pearson coefficients for the three expressions and the highest slope was registered in the dry season, while the lowest was for the year (table 7).

La temperatura mínima en los dos períodos estacionales y en el año mostró tendencia al incremento que osciló entre 0.8 y 3.0 °C, siendo esta más significativa en el período lluvioso. Los valores para la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación para el año fueron de 0.61, 0.44 y 2.5 %, respectivamente. Las ecuaciones de regresión entre la temperatura mínima y los años mostraron coeficientes de Pearson altamente significativos para las tres expresiones y la mayor pendiente se registró en el año, mientras que la menor fue para el período poco lluvioso (tabla 5).

El número de días con temperatura mínima menor de 15 °C, sólo presente en el período poco lluvioso, disminuyó hasta la década 2010 y ese decrecimiento fue de 13.5 días. Los valores para la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación fueron de 7.33, 53.77 y 14.59 %, respectivamente (tabla 6). La ecuación de regresión entre este indicador y los años se representa por $Y=63.35 - 5.23X$, $r= -0.92$, $P=0.0001$

La temperatura media en los dos períodos estacionales y en el año mostró tendencia al incremento que osciló entre 1.4 y 2.4 °C, siendo esta más significativa en el período lluvioso. Los valores para la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación para el año fueron de 0.61, 0.44 y 2.50 %, respectivamente. Las relaciones entre la temperatura media y los años mostraron coeficientes de Pearson altamente significativos para las tres expresiones y la mayor pendiente se registró en el período poco

Table 5. Development of minimum temperature between 1967 and 2013

Decade	Rainy period	Dry period	Year
1967-1969	20.0	16.5	18.7
1970-1979	20.4	16.4	18.4
1980-1989	21.1	16.9	18.8
1990-1999	21.9	17.1	19.5
2000-2009	23.4	17.8	19.2
2010-2013	21.4	15.7	18.6
Statistics			
SD	-	-	0.61
Var	-	-	0.44
VC,%	-	-	2.50
Equations	Expression	r	P
Year	$Y=19.29 + 0.98X$	0.98	0.0001
Rainy period	$Y=18.20 + 0.31X$	0.84	0.001
Dry period	$Y=15.70 + 0.49X$	0.94	0.0001

Table 6. Values of the number of days with the lowest minimum temperature of 15 °C in the dry season in the period between 1967 and 2013

Decade	Dry period
1967-1969	59.1
1970-1979	57.4
1980-1989	55.8
1990-1999	44.0
2000-2009	43.9
2010-2013	55.0
SD	7.33
Var	53.77
VC,%	14.59

Table 7. Performance of mean temperature in the period between 1967 and 2013

Decade	Rainy period	Dry period	Year
1967-1969	20.0	16.5	18.7
1970-1979	20.4	16.4	18.4
1980-1989	21.1	16.9	18.8
1990-1999	21.9	17.1	19.5
2000-2009	23.4	17.8	19.2
2010-2013	21.4	15.7	18.6
Statistics			
SD	-	-	0.61
Var	-	-	0.44
VC,%	-	-	2.50
Equations	Expression	r	P
Year	$Y=19.29 + 0.98X$	0.98	0.0001
Rainy period	$Y=18.20 + 0.31X$	0.84	0.001
Dry period	$Y=15.70 + 0.49X$	0.94	0.0001

Table 8 shows height (cm) and yield (tMS/ha) of *Cenchrus purpureus*, calculated by regression equations with the individual climatic factors for the 1970s and 2000s. In general terms, it can be seen that, with the existence of changes in the climate indicators, there was a negative influence on the studied agronomic indicators, since the plants had higher height and lower yield in the 2000s.

lluvioso, mientras que la menor fue para el año (tabla 7).

En la tabla 8 se presenta la altura (cm) y el rendimiento (tMS/ha) de *Cenchrus purpureus* calculado mediante ecuaciones de regresión con los factores climáticos individuales para las décadas 1970 y 2000. En términos generales, se aprecia que al existir cambios en los indicadores del clima hubo influencia negativa en los indicadores agronómicos estudiados, ya que las

Table 8. Height and comparative yield of *Cenchrus purpureus* in two decades

Indicator	Decade	
	1970	2010
Height, cm		
Minimum temperature, °C	204.19	216.16
Maximum temperature, °C	331.14	353.75
# days minimum temperature < 15 °C	50.52	65.50
# days maximum temperature > 27 °C	124.30	142.58
# days rains	148.32	114.11
Rains, mm	44.10	40.33
Yield, t DM/ha		
Minimum temperature, °C	2.87	2.85
Maximum temperature, °C	2.50	0.98
# days minimum temperature < 15 °C	1.54	1.45
# days maximum temperature > 27 °C	1.73	1.71
# days rains	0.90	0.40
Rains, mm	1.75	1.65

Discussion

It is important to note two aspects that facilitate the understanding of the present information. First, although the period 1967-1969 was taken, this is only a comparative element of the beginning of the data recording, some of which had to be estimated because the series of months were not complete. Second, in the period 2010-2013 the information was complete, but as in the previous case, it was only three years and it is not enough time to establish the performance of some climate indicator. In both cases, an initial and final stage of three years can serve as a comparative element reference.

The national literature is not extensive in this field. However, the Cuban Institute of Meteorology issues periodic bulletins on climate indicators and pays particular attention to municipal and provincial registers. Also in the Atlas of Cuba (Anon 1985), there is information related to the country.

Taking into account that the period between 1970 and 2009 consists of 40 years of information on the studied climatic variables, this allows a rigorous evaluation of their evolution over time and may serve as a baseline for future research.

The reduction of rain through time was clearly appreciated in the performance of the equations, as well

plantas presentaron mayor altura y menor rendimiento en la década del 2000.

Discusión

Es importante señalar dos aspectos que facilitan la comprensión de la presente información. Primero, aunque se tomó el periodo 1967-1969 este solo es un elemento comparativo del inicio del registro de los datos, algunos de los cuales hubo necesidad de estimarlos pues las series de los meses no estaban completas. En segundo lugar, en el periodo 2010-2013 la información estaba completa, pero al igual que en el caso anterior, solo eran tres años y no es tiempo suficiente para establecer el comportamiento de algún indicador del clima. En ambos casos, una etapa inicial y final de tres años puede servir de elemento, con cautela, comparativo de referencia.

La literatura nacional no es amplia en este campo. Sin embargo, el Instituto de Meteorología de Cuba emite boletines periódicos sobre indicadores climáticos y presta particular importancia a los registros municipales y provinciales. También en el Atlas de Cuba (Anon 1985) se puede encontrar información relacionada con el país.

Si se tiene en cuenta que la etapa comprendida entre 1970 y 2009 consta de 40 años de información de las variables climáticas estudiadas, esto permite hacer la evaluación rigurosa de su evolución en el tiempo y puede

as in the values of intercepts with the Y axis and slopes, which determined that, in the studied stage, the value of rains decreased in 132.6 mm, but there is also a reduction of 12.6 days with rain.

Álvarez *et al.* (2012), when studying the distribution of rains by months in each decade of the 1970-2009 stage, found that, between May and September, rainfall exceeded 150 mm / month and lower values in the rest of the months. On the other hand, the rainfall distribution curves per months of each decade were different, with a tendency to decrease as time passed. The same happened when the analysis per year or per seasonal period was performed. The number of days with rains showed a similar performance.

The results of the present research are related to the studies carried out by Gutiérrez (1993), Lapinel (1997) and López *et al.* (2015), who pointed out the variable distribution of rainfall and indicated that the decrease of the rainfall regime implies developing strategies for the efficient use of water, which is an aspect of vital importance in the agricultural sector.

The maximum temperature increased 1.2, 3 and 1.2 °C in the year, in dry and rainy period, respectively. This is clearly observed when comparing the value of the aforementioned temperature in the periods 1967-1979 and 2010-2013 (29.8 vs 28.5 °C). This indicates that the last stage reached 95 % of the initial temperature. All the above is reaffirmed in the performance of the number of days with maximum temperature higher than 27 °C, which registered increases of 21.5, 36.9 and 56.7 days in the dry, rainy and annual period, respectively. In addition, this value is 107 % when comparing 2010-2013 vs. 1967-1970. Besides, these values are located within the range of the temperature running, reported by Fonseca-Rivero *et al.* (2018) for Cuba.

The minimum temperature increased 0.8, 3.0 and 1.4 °C in the year, rainy and dry period, respectively. This corresponds to the increase of maximum temperature and also to the decrease in the number of days with a minimum temperature lower than 15 °C, which was 13.5 days in the studied period. In addition, the minimum temperature of the 2010-2013 stage represents 85 % of that reached in the period 1967-1970.

Mean temperature also increased with the passing of years in 1.4, 2.4 and 1.9 °C for the rainy, dry and year periods, respectively. In addition, the 1967-1970 and 2010-2013 values are similar (23.7 and 23.8 °C, respectively). On the other hand, Fonseca-Rivero *et al.* (2018) reported that mean temperature in Cuba in 1951 was of 25 °C, approximately, and in 2016 ascended, around, up to 26 °C. The values of the present research are slightly inferior and can be related to the geographical area where the weather station is located (Havana-Matanzas plain) characterized by

servir de línea base para investigaciones futuras.

La disminución de la lluvia a través del tiempo se apreció claramente en el comportamiento de las ecuaciones, así como en los valores de los interceptos con el eje Y y de las pendientes, lo que determinó que en la etapa estudiada el valor de las lluvias disminuyera en 132.6 mm, pero también existe reducción de 12.6 días con lluvia.

Álvarez *et al.* (2012) al estudiar la distribución de las lluvias por meses en cada década de la etapa 1970-2009 encontraron que entre mayo y septiembre ocurrían precipitaciones superiores a los 150 mm/mes y valores inferiores en el resto de los meses. Por otro lado, las curvas de distribución de las lluvias por meses de cada década fueron diferentes, con cierta tendencia a disminuir en la medida que transcurrió el tiempo. Lo mismo sucedió cuando realizaron el análisis por año o por período estacional. Similar comportamiento presentó el número de días con lluvias.

Los resultados de la presente investigación guardan relación con los estudios realizados por Gutiérrez (1993), Lapinel (1997) y López *et al.* (2015) quienes señalaron la variable distribución de las precipitaciones e indicaron que la disminución del régimen de lluvias implica desarrollar estrategias para el uso eficiente del agua, aspecto de vital importancia en el sector agrícola.

La temperatura máxima aumentó 1.2, 3 y 1.2 °C en el año, período poco lluvioso y lluvioso, respectivamente. Esto se observa claramente al comparar el valor de la referida temperatura en la etapas 1967-1979 y 2010-2013 (29.8 vs 28.5 °C). Esto indica que la última etapa alcanzó el 95 % de la temperatura inicial. Todo lo anterior se reafirma en el comportamiento del número de días con temperatura máxima mayor de 27 °C, la que registró incrementos de 21.5, 36.9 y 56.7 días en el período poco lluvioso, lluvioso y anual, respectivamente. Además, este valor está al 107 % al comparar 2010-2013 vs 1967-1970. Además, estos valores se encuentran dentro del rango de la marcha de la temperatura informado por Fonseca-Rivero *et al.* (2018) para Cuba.

La temperatura mínima aumentó 0.8, 3.0 y 1.4 °C en el año, período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. Esto se corresponde con el incremento de la temperatura máxima y también con la disminución del número de días con temperatura mínima menor de 15 °C, que en el período estudiado fue de 13.5 días. Además, la temperatura mínima de la etapa 2010-2013 representa el 85 % de la alcanzada en el período 1967-1970.

La temperatura media también se incrementó con el transcurso de los años en 1.4, 2.4 y 1.9 °C para el período lluvioso, poco lluvioso y año, respectivamente. Además, los valores de 1967-1970 y 2010-2013 son similares (23.7 y 23.8 °C, respectivamente). Por otro lado, Fonseca-Rivero *et al.* (2018) reportaron que la temperatura media en Cuba en 1951 fue de 25 °C, aproximadamente, y en 2016 ascendió, aproximadamente, hasta 26 °C. Los valores de la presente investigación son ligeramente inferiores y pueden estar relacionados al área geográfica

lower minimum and mean temperatures than the rest of the country.

This study included some indicators that are not frequently used in Meteorology but that have special importance for the study of pastures. Thus, the rainfall expressed by the number of days with rain will offer the possible distribution of the degree of soil humidity and water availability for the pastures. The number of days with a maximum temperature higher than 27 °C will allow knowing the existence of optimum temperature for its growth and development, while the number of days with a minimum temperature lower than 15 °C will be able to know the unfavorable conditions for the production of forage biomass (Herrera 2008).

Several studies have evidenced the influence of some climate indicators on grasses. Thus, Álvarez *et al.* (2013) in clones of *Cenchrus purpureus*, Herrera *et al.* (2013) in six pasture species, Ramírez *et al.* (2013) in *Brachiaria decumbens*, Herrera and Ramos (2015) in two varieties of *Cenchrus purpureus* (Napier and King grass) and Ramírez *et al.* (2016) in *Megathyrsus maximus* found Pearson coefficients between yield and temperatures and rains, specific for each variety in each climate season. A similar response was found when these relations were established with quality indicators (protein, fiber and digestibility, and some others).

On the other hand, Ramírez *et al.* (2011a) in *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania, Ramírez *et al.* (2011b) in *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169 and Álvarez *et al.* (2013) and Herrera *et al.* (2016) in clones of *Cenchrus purpureus* reported multiple regression equations between yield or quality and climate indicators. In all cases, the equations did not have high Pearson coefficients, were integrated by several climatic indicators and were specific for each pasture in each seasonal period.

Also leguminous and shrub studies, in less extension than in grasses, have been carried out to relate chemical composition or secondary metabolites with climate indicators. In this sense, Verdecia *et al.* (2014) carried them out with the bromatological composition of six forage legumes, Herrera *et al.* (2017a) related the secondary metabolites of *Leucaena leucocephala* and Herrera *et al.* (2017b) with the chemical composition of *Tithonia diversifolia*. Results were similar to those obtained with grasses, but with different values of Pearson coefficient.

It is good to point out that the results shown in table 8 were obtained within the following theoretical context: the published information was taken, as it was mentioned above, and the individual effect of each climate factor was considered by single regression equations with coefficients of correlation superior to 0.75. These data indicate *a priori* the physiological response of this plant to climate change, which is already present, because,

donde se encuentra ubicada la estación meteorológica (llanura Habana-Matanzas) caracterizada por menores temperaturas mínimas y medias que el resto del país.

En este estudio se incluyeron algunos indicadores que no son de uso frecuente en Meteorología pero que revisten especial importancia para el estudio de los pastos. Así, las precipitaciones expresado por el número de días con lluvia ofrecerá la posible distribución del grado de humedad del suelo y la disponibilidad de agua para los pastos; el número de días con temperatura máxima mayor de 27 °C permitirá conocer la existencia de temperatura óptima para su crecimiento y desarrollo, mientras que el número de días con temperatura mínima menor de 15 °C accederá a conocer las condiciones desfavorables para la producción de biomasa forrajera (Herrera 2008).

Varios trabajos han evidenciado la influencia que ejercen algunos indicadores del clima en los pastos de gramíneas. Así, Álvarez *et al.* (2013) en clones de *Cenchrus purpureus*, Herrera *et al.* (2013) en seis especies de pastos, Ramírez *et al.* (2013) en *Brachiaria decumbens*, Herrera y Ramos (2015) en dos variedades de *Cenchrus purpureus* (Napier y King grass) y Ramírez *et al.* (2016) en *Megathyrsus maximus* encontraron coeficientes de Pearson entre el rendimiento y las temperaturas y las lluvias específicos para cada variedad en cada estación climática. Similar respuesta encontraron cuando estas relaciones se establecieron con los indicadores de la calidad (proteína, fibras y digestibilidad, entre otros).

Por otro lado, Ramírez *et al.* (2011a) en *Megathyrsus maximus* vc. Tanzania, Ramírez *et al.* (2011b) en *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-169 y Álvarez *et al.* (2013) y Herrera *et al.* (2016) en clones de *Cenchrus purpureus* informaron ecuaciones de regresión múltiples entre el rendimiento o la calidad y los indicadores del clima. En todos los casos las ecuaciones no tenían elevados coeficientes de Pearson, estaban integradas por varios indicadores climáticos y eran específicas para cada pasto en cada período estacional.

También se han realizado estudios en leguminosas y arbustivas, en menor extensión que en las gramíneas, para relacionar la composición química o metabolitos secundarios con los indicadores del clima. En este sentido Verdecia *et al.* (2014) lo realizaron con la composición bromatológica de seis leguminosas forrajeras, Herrera *et al.* (2017a) relacionaron los metabolitos secundarios de *Leucaena leucocephala* y Herrera *et al.* (2017b) con la composición química de *Tithonia diversifolia*. Los resultados fueron similares a los obtenidos con las gramíneas, pero con diferentes valores del coeficiente de Pearson.

Es bueno señalar que los resultados que se presentan en la tabla 8 se obtuvieron en el contexto teórico siguiente: se tomó la información publicada, como se mencionó anteriormente, y se consideró el efecto individual de cada factor climático mediante ecuaciones de regresión sencillas con coeficientes de correlación superior a 0.75. Estos datos indican *a priori* la respuesta fisiológica de esta planta ante el

when comparing information of the decades, it was possible to appreciate that in the 10 years of 2000, the value of maximum, minimum, mean temperature, number of days minimum temperature $< 15^{\circ}\text{C}$, of days and number of days maximum temperature $> 27^{\circ}\text{C}$, as well as lower precipitations and number of days with rains compared with the 1970's. Nevertheless, these is preliminary data that has to be considered with caution, but indicate which can be the future and the response of the grasses to climate change.

The information presented here allows to have the performance of seven climate indicators (total rainfall, number of days with rain, maximum temperature, number of days with maximum temperature higher than 27°C , minimum temperature, number of days with minimum temperature lower than 15°C and mean temperature) over a period of 40 years, which could serve as a baseline for future studies. In addition, it was evidenced that in the studied stage the values of climatic factors were modified, some increased and others decreased, indicating that climate change is already established.

On the other hand, there is rigorous information that can be used in research related to the selection of future species and varieties of grasses tolerant to high temperatures and water deficits, as well as crops of economic importance for livestock and animal nutrition.

In the present research, the variability of climatic indicators was evidenced, so it is necessary to carry out future studies that offer continuity, over time, to the results obtained here and include other indicators such as duration, intensity and quality of the radiation, and relative humidity, among others. In addition, it is essential to establish mathematical expressions that are easy to use and understand, for each species or variety, that allow to establish pasture performance (yields and chemical composition) related to climate indicators and determine mathematical models to predict grass performance in future climate scenarios.

cambio climático, que ya está presente, pues al comparar la información de las décadas se pudo apreciar que en los 10 años del 2000 hubo mayor valor de la temperatura máxima, mínima, media, número de días temperatura mínima $< 15^{\circ}\text{C}$, de días y número de días temperatura máxima $> 27^{\circ}\text{C}$, así como menores precipitaciones y número de días con lluvias comparado con la década de 1970. No obstante, estos son datos preliminares que tienen que ser considerados con cautela, pero indican cual puede ser el futuro y la respuesta de los pastos al cambio climático.

La información aquí presentada permite disponer del comportamiento de siete indicadores del clima (lluvia total, número de días con lluvia, temperatura máxima, número de días con temperatura máxima mayor de 27°C , temperatura mínima, número de días con temperatura mínima menor de 15°C y temperatura media) en un lapso de 40 años, lo cual pudiera servir como línea base para estudios futuros. Además, se evidenció que en la etapa estudiada los valores de los factores climáticos se modificaron, unos aumentaron y otros disminuyeron, indicando que el cambio climático ya está establecido.

Por otro lado, se cuenta con información rigurosa que puede ser empleada en investigaciones relacionadas con la selección de futura especies y variedades de pastos tolerantes a las altas temperatura y déficit hídricos, así como de cultivos de importancia económica para la ganadería y la nutrición animal.

En la presente investigación se evidenció la variabilidad de los indicadores climáticos, por lo que es preciso realizar futuras investigaciones que ofrezcan continuidad, en el tiempo, a los resultados aquí obtenidos e incluir otros indicadores como duración, intensidad y calidad de la radiación, y humedad relativa, entre otros. Además, es imprescindible establecer expresiones matemáticas de fácil utilización y comprensión, ya sea para cada especie o variedad, que permitan establecer el comportamiento de los pastos (rendimientos, composición química) relacionados con los indicadores del clima y determinar modelos matemáticos que permitan predecir el comportamiento de los pastos en escenarios climáticos futuros.

References

- Álvarez, A., Herrera, R.S., Díaz, L. & Noda, A. 2013. Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Cenchrus purpureus* clones. Cuban J. Agric. Sci. 47:413-417.
- Álvarez, A., Herrera, R.S., Noda, A. & Díaz, L. 2012. Rainfall performance at the Institute of Animal Science in Cuba during the period 1970-2009 as basis for the strategic management of pastures. Cuban J. Agric. Sci. 46(3):301-307.
- Anon. 1985. Atlas de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba.
- Crespo, G. & Herrera, R.S. 1982. Influencia de los factores climáticos en la variación del rendimiento y calidad de los pastos. 5to. Seminario Científico de la EEPF Indio Hatuey, Matanzas. p. 105.
- Durán Llacer, I. 2016. Cantidad de días con lluvia y su distribución por intervalos en condiciones normales y de sequía severa en el occidente de Cuba. Revista Cubana de Meteorología. 22(1): 49-65.
- Fonseca-Rivero, C., Alpizar-Tirzo, M., Cutié-Cancino, V., González-García, I. T., Hernández-Sosa, M., Valderá-Figueroa, N., Hernández-González, D. & Cabrera-Medina, A. 2018. Estado del Clima en Cuba 2017. Resumen ampliado. Revista Cubana de Meteorología. 24(2): 226-237,
- Gutiérrez, J.E. 1993. Regularidades espaciales y temporales de los recursos hídricos del occidente de la Isla de Cuba. Tesis Dr. Universidad de la Habana.
- Herrera, J., Losada, I & Ávila, M. 1977. Estudio bioclimático básico del Instituto de Ciencia Animal. Boletín Técnico. Ed. Instituto de Ciencia Animal. p. 1-31.

- Herrera, R.S. 2008. Principios básicos de Fisiología Vegetal. In: Pastos tropicales, principios generales, agrotecnia y producción de biomasa. ICA-FIRA, México, p.1-74.
- Herrera, R.S. 2015. Instituto de Ciencia Animal: fifty years of experiences in the evaluation of grasses with economical importance for animal husbandry. Cuban J. Agric. Sci. 49:221-232.
- Herrera, R. S., García, M. & Cruz, A. M. 2016. Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de *Cenchrus purpureus*. Avances en Investigación Agropecuaria 20(2): 33-41.
- Herrera, R.S., García, M., Cruz, A. M. & Romero, A. 2013. Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. CD-ROM, La Habana. 4 pp.
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 2006. Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. In: *Cenchrus purpureus* para la ganadería tropical. EDICA. CD-ROM. p. 79.
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 2015. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. In: Producción de biomasa de variedades y clones de *Cenchrus purpureus* para la ganadería. p. 87-131. Capítulo VI. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.
- Herrera, R.S., Verdecia, D. M., Ramírez, J. L., García, M. & Cruz, Ana M. 2017a. Secondary metabolites of *Leucaena leucocephala*. Their relationship with some climate elements, different expressions of digestibility and primary metabolites. Cuban J. Agric. Sci. 51(1): 107-116.
- Herrera, R.S., Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., García, M. & Cruz, A.M. 2017b. Relation between some climatic factors and the chemical composition of *Tithonia diversifolia*. Cuban J. Agric. Sci. 51(2): 271-279.
- Lapinel, B. 1997. Consideraciones sobre el comportamiento de la lluvia en Cuba en los años más recientes. Ed. Centro Meteorológico de Camagüey. Cuba.
- Lapinel Pedroso, B., Fonseca Rivera, C., González García, I. T., Boudet Rouco, D., Cutié Cancino, V., Hernández Sosa, M., Báez Altamirano, R., Vázquez, R. J., Solano, O. J. & González Pedroso, C. 2015. El peligro integrado por sequía meteorológica y agrícola. Revista Cubana de Meteorología. 21(1): 3 – 17.
- López, T., Gutiérrez, J.E. & Cabanas, G. 2015. Cambios temporales de la lluvia en el occidente de la isla de Cuba. Investigaciones Geográficas. 38:143
- Ramírez, J.L., Herrera, R.S., Leonard, I., Cisneros, M., Verdecia, D. & Álvarez, Y. 2011a. Rendimiento e indicadores de calidad en *Panicum máximum* vc. Likoni en el Valle del Cauto. REDVET Vol. 12. No. 6. Available: www.veterinaria.org/revista/redvet/n060611.html.
- Ramírez, J.L., Herrera, R.S., Leonard, I., Cisneros, M., Verdecia, D. & Álvarez, Y. 2011b. Relation between climatic factors, yield and quality of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. Cuban J. Agric. Sci. 45 (3):293-297.
- Ramírez, J.L., Herrera, R.S., Leonard, I., Verdecia, D. & Álvarez, Y. 2013. Rendimiento y calidad de *Brachiaria decumbens* en ecosistemas frágiles y degradados de la región oriental de Cuba. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. CD-ROM, La Habana. 7 pp.
- Ramírez, J. L., Herrera, R.S., Leonard, I., Verdecia, D., Álvarez, Y., Arceo, Y. & Uvidía, H. 2016. Influencia del clima en la calidad de dos variedades de *Megathyrsus maximus* en ecosistemas frágiles y degradados de Cuba. IV Convención Internacional Agrodesarrollo 2016, Matanzas, Cuba, CD-ROM. p. 104-107.
- Verdecia, D.M., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Leonard, I., Bodas, R., Lorente, S., Giráldez, F.J., González, J.S., Álvarez, Y., Barzán, Y. Osorio, A., Álvarez, Y. & López, S. 2014. Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto. Avances en Investigación Agropecuaria. 18 (3):75-90.
- Visauta, B. 2007. Análisis estadístico con SPSS 14. Estadística básica. Tercera Edición. McGrawHill/Interamericana de España, S.A.V. p. 358.

Received: February 20, 2018