

# Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba

## Relation Between Climate Elements and Behavior of Pasture and Forages in Cuba

R.S. Herrera

Instituto de Ciencia Animal  
C. Central km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba  
Correo electrónico: rherrera@ica.co.cu

### Resumen

En el presente artículo el objetivo fue analizar la información obtenida en Cuba sobre la influencia de algunos elementos del clima en la producción y calidad de los pastos y forrajes. Los resultados demostraron que las especies dentro del género y las variedades respondieron particular y específicamente a los elementos climáticos; la misma variedad de pasto respondió de diferente forma en ambas épocas del año (periodo lluvioso y poco lluvioso); las temperaturas mínimas menores de 15 °C y máximas menores de 27 °C, así como los días con lluvias, tuvieron marcado efecto; los modelos matemáticos entre el rendimiento y calidad con los elementos del clima fueron altamente complejos, y al comparar *Pennisetum purpureum* (como modelo experimental) éste presentó mayor altura y menor rendimiento en la década de 2000, comparado con los años sesenta del siglo pasado. Los resultados evidenciaron la respuesta específica de cada pasto frente a los elementos del clima, al igual que los modelos matemáticos que lo relacionan.

### Palabras clave

Especies, rendimiento, proteína, temperatura, lluvia.

### Abstract

The objective of this paper deal with the analyses of the information obtained in Cuba related to the influence of climatic factors on the production and quality of grasses and forages. The results showed that: the species within the genus and varieties showed a particular and specific response to climatic factors; the same variety of grass responded differently in both seasons of the year; minimum temperatures lower than 15 °C and maximum lower than 27 °C, as well as the number rainy days, had a marked effect; the models between yield and quality with the elements of the climate had high complexity and when comparing *Pennisetum purpureum* (as an experimental model) it showed higher height and lower yield in the 2000s compared to the '60s. The results showed the specific response of each grass against the climate indicators, like the mathematical models that relate it, as well as the change that the climate has undergone.

### Keywords

Species, yield, protein, temperature, rain.

## Introducción

En Cuba la dieta básica para la alimentación de los rumiantes se fundamenta en el empleo de pastos y forrajes debido a las múltiples ventajas que presentan, entre otras se pueden cultivar todo el año, con buenas prácticas de manejo producen altos rendimientos y buena calidad, se adaptan a diferentes condiciones de clima y suelo, son fuente de alimento económicamente viable y amigables con el medio ambiente, protegen al suelo de la erosión, favorecen la capacidad del rumiante de utilizar alimentos fibrosos, no compiten como alimento para otras especies (incluido el hombre) y permiten el ahorro sustancial de fuentes alimenticias de importación. Sin embargo, su producción y calidad está determinada por variados factores: especies y variedades, suelo, clima, edad de rebrote, fertilización, riego, altura de corte, frecuencia de corte e intensidad de pastoreo, entre otros factores (Herrera y Ramos, 2015).

El clima desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad y son conocidos los cambios que se están presentando por influencia del hombre (Fonseca-Rivero *et al.*, 2018). Múltiples son las acciones nacionales e internacionales que se hacen para evitar los cambios bruscos que se avecinan y varios países adoptan medidas para enfrentar y adaptarse al cambio climático (Álvarez y Febles, 2015).

Al considerar lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo consistió en analizar la información disponible en Cuba sobre la relación entre el rendimiento y calidad de los pastos y forrajes, y algunos elementos del clima.

### *El clima*

El clima comenzó a mostrar variaciones gracias a la Revolución Industrial del siglo XIX, pero tuvieron que transcurrir más de 100 años para que se estudiaran las causas de esta variabilidad, proponer las medidas para contrarrestar sus efectos y establecer los procesos para disminuir los efectos negativos (Álvarez Brito, 2013).

Las estimaciones sobre el carbono emitido a la atmósfera fueron de 3.3 Gt en el año 2000 y ascendieron a 12 Gt en 2007; por otro lado, las producciones agropecuarias emitieron a la atmósfera 1.6 Gt de carbono en el año 2000 y se incrementaron hasta 8 Gt en 2007, y se le atribuye a la ganadería la mayoría de estas emisiones debido a los procesos digestivos y al inadecuado manejo de las excretas (IPCC, 2001; 2007); sin embargo, esta situación lejos de mejorar empeora (Akbar-Ibrahim, 2018; Resende, 2018).

Las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico es una de las causas que motiva el cambio climático (Álvarez Brito, 2013), y uno de los objetivos sería disminuir tales emanaciones provenientes de las industrias, del manejo de los residuos y subproductos agroindustriales, de la agricultura y de la producción animal.

La ganadería contribuye con 14.5% de las emisiones de origen antrópico, siendo las principales causas de emisión: producción y procesamiento de alimentos de origen animal (45%); emisiones de metano provenientes de la digestión (39%); descomposición de las excretas (10%) y el resto está relacionado con el procesamiento y transportación de los productos (Gerber *et al.*, 2013).

Para mitigar las causas de emisión antes señaladas se realizaron propuestas como: desarrollo de biodigestores, modificación de las dietas de los animales, mejoras en la preparación del alimento animal, manejo y salud del rebaño y mejoramiento genético de los animales, entre otras (Galindo *et al.*, 2016; Murgueitio *et al.*, 2019; Palma *et al.*, 2019). No obstante, sin el cambio de mentalidad del hombre, disponer de profundos conocimientos científicos sobre las consecuencias del cambio climático y las medidas de mitigación, así como la creación de capacidades comunicativas, será poco probable alcanzar resultados satisfactorios.

El clima de Cuba es tropical, estacionalmente húmedo con dos periodos claramente definidos, el lluvioso que se extiende de mayo a octubre y el poco lluvioso comprendido entre noviembre y abril; la temperatura media de 25 y 22 °C, respectivamente y la precipitación anual ascienden a 1,375 mm y solo ocurre 23% de ella en el periodo poco lluvioso (Caner, 2004). No obstante, se evidencia aumento de las temperaturas máximas, mínimas y media, incremento del número de días con elevadas temperaturas, disminución del número e intensidad de los frentes fríos y variabilidad de los elementos climáticos entre las regiones occidental, central y oriental de Cuba. Además, es de esperar aumento de temperatura en 4 °C y disminución de las precipitaciones en 20% para el futuro (Álvarez-Morales *et al.*, 2005; Planos *et al.*, 2013; Delgado *et al.*, 2015; Durán-Llacer, 2016; Fonseca-Rivero *et al.*, 2018; García *et al.*, 2020; Hernández *et al.*, 2020). Por otro lado, Álvarez y Febles (2015) informaron que, con relación a la línea base 1961-1990 comparada con los años 2000, se observó un aumento de la temperatura superficial del aire en 0.9 °C, incremento de 1.9 °C de la temperatura mínima, mayor frecuencia de prolongadas y severas sequías y reducción de 10% de las precipitaciones.

### *El clima y los pastos*

En la segunda mitad del siglo XX aparecieron las primeras publicaciones (Deinum, 1966; Deinum *et al.*, 1968; Deinum y Dirven, 1972; 1976) que estudiaban, en condiciones de invernadero, la influencia de algunos elementos del clima (temperatura y luz, entre otros) en la fisiología, composición química y digestibilidad de las variedades prateses; mientras que en Cuba, también en dicho periodo, las investigaciones sobre los pastos y forrajes comenzaron a desarrollarse a gran escala y en condiciones de campo. Estas incluyeron desde la evaluación de introducciones, obtención de variedades por diferentes vías, las especies nativas, manejo y su empleo en sistemas de producción de leche y carne (Medina *et al.*, 1968; Pérez Infante, 1970).

Los autores de artículos nacionales publicados atribuyeron a la edad de rebrote, frecuencia y altura de corte, fertilización, estación climática, manejo y riego, entre otros aspectos, las diferencias informadas en las respuestas de especies y variedades de pastos y forrajes. Sin embargo, la información es limitada sobre el efecto que puede causar determinado elemento del clima (intensidad y distribución de las lluvias; temperaturas máxima, mínima y media; humedad relativa y radiación solar, entre otros) en el rendimiento y calidad del pasto. Lo anterior pudiera estar determinado por el hecho de que la mayoría de las investigaciones se realizaron en experimentos de campo, donde los integrantes del

clima influyen de forma interrelacionada y es práctica frecuente informar los resultados en cada estación climática (Ramos *et al.*, 1976; Barrientos *et al.*, 1985; Pérez Infante, 2013; Díaz *et al.*, 2015).

Esta variabilidad climática unida a indisciplinas tecnológicas influye, en su manejo, en la producción y calidad de los pastos. Según ONEI (2015) los pastos introducidos ocupaban 114.0 mil hectáreas en 2013 y disminuyó a 108.9 mil hectáreas en 2014, pero los pastos nativos tuvieron poca variación. La variabilidad climática e indisciplinas tecnológicas determinaron la pérdida de biodiversidad en los sistemas pastoriles, así como el paulatino deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos y su productividad, y por lo tanto de la disminución de la producción animal.

Los primeros resultados publicados en Cuba (Herrera y Menchaca, 1982) correlacionaron los elementos climáticos (temperatura y lluvia) con el contenido de proteína de la bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* vc. Coast Cross 1) y obtuvieron altos  $R^2$  (mayores de 0.80); con posterioridad Crespo y Herrera (1982) extendieron esta investigación hacia el rendimiento y calidad de varios pastos. En estos estudios utilizaron el valor promedio mensual de las temperaturas y lluvias, y los resultados mostraron alta variabilidad de los coeficientes de correlación entre el rendimiento y la calidad, y los elementos del clima. Los  $R^2$  variaron entre 0.40 y 0.75, lo que puso de manifiesto la complejidad del tema, la respuesta específica de cada pasto y la imperiosa necesidad de emplear los datos climáticos durante la etapa de crecimiento del pasto y no el promedio mensual.

Al tener en cuenta lo anterior, se incluyeron otros indicadores elementos del clima que habitualmente no se consideran en los registros meteorológicos y que estuvieran relacionados con la fisiología de los pastos y forrajes. Por la literatura se conocía el rango de temperatura óptimo para su crecimiento y desarrollo, así como el valor de la temperatura a partir de la cual se los deprime. Al tener en cuenta estos fundamentos se incluyeron otros indicadores, como número de días con temperatura mínima  $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , número de días con temperatura máxima  $>27\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $>25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , número de días con temperatura media  $<30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , número de días con lluvias y lluvia total. Toda esta información corresponde al periodo entre cortes o pastoreo (edad de rebrote).

Herrera (1985) correlacionó el rendimiento de seis pastos [(*Cynodon nlemfuensis* vc. panameño y jamaicano, *Panicum maximum* vc. Likoni y Común, (en la actualidad *Megathyrus maximus*) y *Pennisetum purpureum* vc. King grass y Napier (en la actualidad *Cenchrus purpureus*)] con las temperaturas máxima, mínima y media; número de días con temperatura máxima y mínima menor de  $27$  y  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente; radiación solar, número de días con radiación solar menor de  $360\text{ cal/cm}^2/\text{día}$ ; lluvia y número de días con lluvia (cuadros 1, 2 y 3). Los resultados indicaron correlaciones positivas para las temperaturas máximas y media, lluvia y días con lluvias, mientras que fueron negativas con la temperatura mínima, el número de días con temperatura máxima menor de  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , número de días con temperatura mínima menor de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y radiación solar menor de  $360\text{ cal/cm}^2/\text{día}$ .

Cuadro 1

Relación (coeficiente de Pearson) entre las temperaturas y su distribución con el rendimiento de materia seca

Especies y variedades	Temperatura (°C)			Días con temperaturas	
	Máxima	Mínima	Media	Máximas <27 °C	Mínimas <15 °C
<i>C. nlemfuensis</i> vc. Panameño	0.76*	- 0.81**	0.80**	-0.81**	-0.81**
<i>C. nlemfuensis</i> vc. Jamaicano	0.48NS	- 0.60*	0.57NS	-0.59NS	-0.62NS
<i>P. maximun</i> vc. Likoni	0.58NS	- 0.76*	0.71*	-0.75*	-0.80**
<i>P. maximun</i> vc. Común	0.53NS	- 0.66*	0.63 NS	-0.65NS	-0.68*
<i>P. purpureum</i> vc. K. grass	0.72*	- 0.80**	0.79*	-0.80*	-0.81**
<i>P. purpureum</i> vc. Napier	0.73*	- 0.84*	0.60*	-0.84**	-0.86**

\*P <0.05; \*\*P <0.01; NS: no significativo.

Fuente: adaptado de Herrera (1985).

Cuadro 2

Relación (coeficiente de Pearson) entre la radiación solar y su distribución con el rendimiento de materia seca

Elemento climático	<i>C. nlemfuensis</i> vc. Panameño		<i>P. purpureum</i> vc. King grass	
	Periodo			
	Poco lluvioso	Lluvioso	Poco lluvioso	Lluvioso
Radiación (cal/cm <sup>2</sup> /día)	0.74*	-0.14	0.75*	0.55
No. días <360 cal/cm <sup>2</sup> /día	-0.80*	-	-0.82*	-

\*P <0.05; - No correlacionó.

Fuente: adaptado de Herrera (1985).

Cuadro 3

Relación (coeficiente de Pearson) entre la lluvia y su distribución con el rendimiento de materia seca

Elemento climático	<i>C. nlemfuensis</i> vc. Jamaicano	<i>P. maximun</i> vc. Likoni	<i>P. purpureum</i> vc. King grass
Lluvia (mm)	0.47NS	0.98***	0.66 NS
No. días con lluvia	0.44NS	0.77*	0.63 NS

\*P <0.05; \*\*\*P <0.001; NS: no significativo.

Fuente: adaptado de Herrera (1985).

Hubo variabilidad en el valor del coeficiente entre los géneros, las especies y las variedades, pero estas diferencias disminuyeron entre las variedades de un mismo género, lo que indica la individualidad de la respuesta fisiológica de cada pasto ante los elementos climáticos y la complejidad de esta relación.

Quedó evidenciado el papel que desempeñan las temperaturas en el desarrollo de los pastos y en especial el efecto negativo de las bajas temperaturas (mínima) al disminuir la producción de biomasa (t MS/ha), siendo las más afectadas las variedades de *Pennisetum* expresado por su mayor coeficiente de correlación negativo y ratificado en el efecto negativo obtenido en el número de días con temperatura mínima menor de 15 °C, lo que se corresponde con la menor síntesis de energía y metabolitos destinados a la producción de biomasa (Herrera, 1981).

De las variedades estudiadas, la de mayor respuesta a la lluvia y su distribución fue *P. maximum* vc. Likoni; sin embargo, *C. nlemfuensis* vc. Jamaicano y *P. purpureum* vc. King grass no mostraron correlación y esto pudiera ser indicador de cierta tolerancia al déficit de humedad y que tendría que ser estudiado con posterioridad, pues Herrera (1985) señaló que estas variedades respondieron a la aplicación de riego durante el periodo poco lluvioso.

Por otro lado, la radiación solar es fundamental para la síntesis de metabolitos necesarios para el crecimiento de los pastos, lo que quedó demostrado en el hecho de que durante el periodo poco lluvioso (caracterizado por bajas temperaturas, disminución de las precipitaciones y menor duración e intensidad de la luz) se obtuvieron las mayores correlaciones positivas o negativas con la radiación y el número de días con radiación solar < 360 cal/cm<sup>2</sup>/día, respectivamente. Lo anterior está estrechamente relacionado con lo argumentado por Lauzán *et al.* (1990; 1991) quienes encontraron variaciones en el contenido de clorofila a, clorofila b y carotenoides de *P. purpureum* vc. King grass entre el periodo poco lluvioso y el lluvioso, y señalaron que existían diferencias en la eficiencia de transformación de la energía luminosa en energía y biomasa, con la correspondiente variación en la síntesis de metabolitos necesarios para el desarrollo de esta variedad.

Ramírez *et al.* (2011a; 2012), realizaron investigaciones en la región oriental de Cuba (Granma) para correlacionar el rendimiento y la composición química de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 con las temperaturas, lluvia, humedad relativa y radiación solar, y encontraron diferencias en los valores de los coeficientes de correlación en ambas estaciones, pero los mayores valores se obtuvieron, en general, para el periodo poco lluvioso (cuadro 4).

Cuba es una isla larga y estrecha, rodeada por el mar, lo que influye en la variabilidad y comportamiento de los elementos del clima de las diferentes regiones que conforman el país. El occidente del país se caracteriza por menores temperaturas y mayores precipitaciones que la región oriental (Álvarez-Morales *et al.*, 2005; Fonseca-Rivero *et al.*, 2018). Además, los suelos más fértiles se localizan en la región occidental (Ramírez, 2010).

Al tener en cuenta estos antecedentes, llamó la atención el hecho de que las temperaturas, excepto la temperatura máxima en el periodo lluvioso, tuvieran marcada influencia en el rendimiento de esta variedad y en especial en la inversión del signo del coeficiente para la temperatura mínima en el periodo poco lluvioso. Además, en dicho

periodo hubo respuesta a la radiación solar y la humedad relativa, lo cual pudiera indicar cierta tolerancia al calor al disminuir la transpiración debido a que esta variedad fue obtenida por cultivo de tejidos *in vitro*, a partir del meristemo apical del King grass. No obstante, esta hipótesis necesita investigaciones futuras.

### Cuadro 4

Coeficientes de correlación entre el rendimiento de materia seca e indicadores de la composición química de *Pennisetum purpureum* vc. CT-169 y algunos elementos climáticos

Indicador	Temperatura (°C)			Lluvia (mm)	Humedad relativa (%)	Radiación solar (cal/cm <sup>2</sup> /día)
	Máxima	Mínima	Media			
Periodo lluvioso						
Rdto <sup>1</sup>	-0.09NS	-0.70**	-0.72**	0.96***	0.53NS	-0.18NS
PB (%)	0.07NS	0.72***	0.72***	-0.94***	-0.53**	0.17NS
FND (%)	-0.48*	-0.47*	-0.92***	0.95***	0.78***	-0.58**
Periodo poco lluvioso						
Rdto <sup>1</sup>	0.94***	0.84***	0.92***	0.69***	-0.83***	-0.44*
PB (%)	-0.93***	-0.82***	-0.90***	-0.68***	0.85***	0.49**
FND (%)	0.85***	0.73***	0.82***	0.68***	-0.84***	-0.65***

<sup>1</sup>Rendimiento (tMS/ha); P<0.05; \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001; NS, no significativo.

Fuente: adaptado de Ramírez *et al.* (2011a; 2012).

Por otro lado, es importante destacar el significado de los coeficientes de correlación obtenidos en el periodo poco lluvioso para la PB y FND, lo que señala deterioro de la calidad al disminuir el valor proteico y aumentar el contenido fibroso, lo que implica realizar nuevas investigaciones que contribuyan al manejo de esta variedad en ambientes con elevadas temperaturas, pocas precipitaciones y suelo de baja fertilidad.

La composición química y los metabolitos secundarios de especies arbóreas y arbustos de importancia para la ganadería, ocupan un lugar en las investigaciones. En *Leucaena leucocephala*, la concentración de nueve metabolitos secundarios mostró correlación con la temperatura máxima y cantidad de lluvia recibida, mientras que en *Tithonia diversifolia* solamente en tres de los nueve metabolitos secundarios medidos registraron correlación: taninos totales y taninos condensados ligados a la fibra con la temperatura máxima y esteroides con la lluvia (cuadro 5). Esto permite señalar la complejidad del tema y que la asociación entre elementos del clima y composición de follaje en arbustivas tropicales puede ser variable de una especie a otra; además, se necesita profundizar tanto en la influencia de los elementos del clima en estos metabolitos, del manejo de estas especies, así como en la repercusión de estos metabolitos en la nutrición del rumiante.

## Cuadro 5

Coeficientes de correlación entre los metabolitos secundarios de *Tithonia diversifolia* y *Leucaena leucocephala* con algunos elementos del clima

Metabolito secundario	<i>T. diversifolia</i>		<i>L. leucocephala</i>	
	T. máxima (°C)	Lluvia (mm)	T. máxima (°C)	Lluvia (mm)
Taninos totales	0.65*	0.17NS	0.64***	0.67***
Fenoles totales	0.03NS	0.31NS	0.64***	-0.90***
Taninos condensados libres	0.05NS	0.26NS	0.60***	0.59***
Taninos condensados ligados a la fibra	0.77**	0.37NS	0.53***	0.48***
Flavonoides	0.02NS	0.46NS	0.70***	0.81***
Alcaloides	0.01NS	0.40NS	0.70***	0.79***
Saponinas	-0.26NS	0.31NS	0.62***	0.68***
Triterpenos	0.11NS	0.41NS	0.48**	0.44**
Esteroides	0.18NS	0.60*	0.78***	0.81***

\*P<0.05; \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001; NS: no significativo.

Fuente: adaptado de Herrera *et al.* (2017a; b).

El análisis de componente principal permite establecer la influencia de un conjunto de variables interrelacionadas de diferentes magnitudes, sobre un indicador determinado, siempre y cuando se cumplan los supuestos teóricos necesarios para este tipo de análisis (Hair *et al.*, 1999).

Al aplicar el análisis de componente principal para establecer la influencia de los elementos del clima en el rendimiento de *Pennisetum purpureum*, se obtuvieron tres componentes principales que explican 83.74% de la variabilidad del rendimiento a través de las temperaturas mínima y media, la lluvia total y el número de días con lluvia, el número de días con temperatura mínima <15 °C y el número de días con temperatura media <30 °C (cuadro 6).

En la componente principal 1 (CP-1), que es la que explica la mayor variabilidad del rendimiento (51.22%), aparecen en orden de mérito el número de días con lluvia, la temperatura media y el número de días con temperatura mínima <15 °C con contribución negativa. Estos elementos reafirman lo encontrado con anterioridad (análisis de correlación) sobre el efecto beneficioso y perjudicial de las lluvias y la distribución de la temperatura mínima, respectivamente. Además, en la CP-3 aparece la temperatura mínima con alta contribución (0.887) al explicar 11.42% de la variabilidad del rendimiento.

Resultados similares obtuvo Ramírez (2010) al aplicar similar método de análisis matemático en varias especies de pastos que se desarrollan en la región oriental de Cuba y, cuando hizo el estudio de la composición química de *Pennisetum purpureum*, su variabilidad se explica a través de las temperaturas máxima, mínima y media, humedad

relativa y lluvias. Todo parece indicar que, en la región oriental de Cuba, la humedad relativa desempeña importante papel en mantener el equilibrio hídrico en la planta, pero serían necesarias nuevas investigaciones para esclarecer esta hipótesis.

## Cuadro 6

Componente principal del rendimiento de clones de *Pennisetum purpureum* con los elementos climáticos

Indicador	Componente principal		
	1	2	3
Rendimiento (tMS/ha)	0.096	<b>0.904</b>	0.061
Temperatura máxima (°C)	0.601	0.404	0.475
Temperatura mínima (°C)	0.052	0.129	<b>0.887</b>
Temperatura media (°C)	<b>0.772</b>	0.167	0.516
Lluvia (mm)	<b>0.878</b>	0.225	0.154
# días con lluvia	<b>0.902</b>	0.055	-0.153
# de días con temperatura mínima < 15 °C	<b>-0.752</b>	0.103	-0.493
# de días con temperatura máxima ≥ 25 °C	0.537	-0.624	0.438
# de días con temperatura media < 30 °C	0.357	<b>0.789</b>	0.372
Valor propio	4.613	1.900	1.020
Varianza	51.255	21.108	11.421
Varianza total	51.225	72.363	83.784

Fuente: adaptado de Herrera *et al.* (2016).

Las expresiones o modelos matemáticos se emplean para explicar el crecimiento y desarrollo de los pastos y los primeros resultados en Cuba se informaron por Funes *et al.* (1980) y Herrera (1981), al relacionar el rendimiento y la edad de rebrote en variedades de pastos mediante regresión lineal y superficie de respuesta, respectivamente. Con posterioridad en estos modelos se incluyeron indicadores de la calidad, de gramíneas y leguminosas que contemplaron diferentes prácticas de manejo (Ramírez, 2010; Rodríguez *et al.*, 2013; Verdecia, 2014; Herrera, 2015; Ramírez *et al.*, 2016; Verdecia *et al.*, 2017). Estos modelos variaron en su complejidad, precisión en el ajuste, parámetros, errores de estimación y coeficientes de determinación. Además, se establecieron para cada periodo estacional y variedad de pasto, asimismo se evidenciaron diferencias entre la región occidental y oriental del país, lo cual determinó que cada variedad de pasto tuviera una respuesta específica a los factores estudiados.

En diferentes especies y variedades forrajeras de pastos y plantas de interés para la ganadería, se informaron modelos matemáticos que relacionan el rendimiento y la composición química con diversos elementos del clima, cuyas características fundamentales son expresiones matemáticas que variaron desde las simples hasta sistemas de ecuaciones

diferenciales, integran desde tres hasta seis parámetros, tienen relativa alta complejidad, presentan variables coeficientes de determinación (desde 0.58 hasta 0.99), diversos errores estándar, tanto de los parámetros como de estimación —específicas para cada variedad de pasto y región geográfica— y no se avalan en otros pastos ni en otras regiones (cuadro 7); sin embargo, indicaron la complejidad del tema y marcaron el inicio para futuras investigaciones que permitan obtener modelos sencillos, generales y de fácil aplicación.

### Cuadro 7

#### Modelos que relacionan el rendimiento y la composición química con los elementos climáticos

Referencia	Pastos y forrajes	Elemento climático	Comentario
Álvarez <i>et al.</i> (2013)	<i>P. purpureum</i> nueve clones (rendimiento)	Lluvia, días con lluvia, temperatura mínima y media, días con temperatura máxima >25° C	$R^2$ (0.58-0.75) Valores promedio
Andrade <i>et al.</i> (2015)	Varios (rendimiento)	Temperaturas, unidades fototérmicas	$E_{\text{específicos}}$ $R^2$ (0.40-0.75)
Hernández <i>et al.</i> (2011)	Varios (rendimiento)	Varios	Específicos
Herrera <i>et al.</i> (2016)	<i>P. purpureum</i> (rendimiento)	Varios elementos climáticos de la etapa de crecimiento del pasto	$R^2$ (0.71) $P < 0.01$ Valores promedio etapa de crecimiento
Herrera <i>et al.</i> (2017b)	<i>Tithonia diversifolia</i> (composición química)	Varios elementos climáticos de la etapa de crecimiento del pasto	$R^2$ (0.93-0.97) $P (< 0.01-0.0001)$ Valores promedio etapa de crecimiento
Ramírez <i>et al.</i> (2011a)	<i>P. purpureum</i> vc. CT-169 (rendimiento y composición química)	Lluvia, temperatura máxima, humedad relativa	$R^2$ (0.96-0.97) $P$ (0.001) Específicos para cada época
Ramírez <i>et al.</i> (2011b)	<i>P. maximum</i> vc. Tanzania (rendimiento y composición química)	Edad, lluvia, temperaturas máxima, mínima y media	$R^2$ (0.99) $P$ (0.001) Específicos para cada época

Llama la atención que dentro de la diversidad de parámetros que conforman estos modelos, las temperaturas máximas y mínimas, así como las lluvias, están contempladas en la mayoría de ellos; indicativo de la importancia que desempeñan estos elementos del clima en la fisiología y producción de biomasa de los pastos y forrajes. Estos aspectos deben ser considerados a la hora de seleccionar variedades que se quieran introducir en los diferentes ecosistemas productivos.

Para continuar con esta línea de pensamiento, Andrade *et al.* (2015) realizaron una revisión sobre los artículos publicados relacionados con el desarrollo de modelos matemáticos para simular el crecimiento y acumulación de biomasa de los pastos tropicales de los géneros *Brachiaria*, *Pennisetum*, *Panicum*, *Paspalum* y *Cynodon*, entre otros. Describieron los resultados de los modelos empíricos y mecanísticos, los parámetros que lo integraban (temperatura base, temperatura mínima y unidades fototérmicas, entre otros), sus ventajas y desventajas, así como la capacidad para reflejar e interpretar los procesos biológicos de la acumulación de la biomasa de los pastos. Sin embargo, se pusieron de manifiesto algunas incongruencias antes señaladas: las diferentes temperaturas base para una misma variedad, la variable valor del coeficiente de determinación, los errores de estimación y la especificidad de cada modelo para pasto y región geográfica, entre otros aspectos.

Rivington y Koo (2010), al realizar una encuesta, formularon la pregunta ¿para qué se emplean los modelos? Las respuestas fueron en orden de mérito: impacto y adaptación al cambio climático (52%), simulación y predicción de rendimientos o productividad, investigaciones para mejorar el manejo, toma de decisiones, investigaciones para mejoramiento genético, educación y entrenamiento y optimización de las operaciones. Lo anterior demostró la necesidad de profundizar las investigaciones relacionadas con la adaptación y mitigación al cambio climático y los aspectos relacionados con la predicción del comportamiento de los pastos frente al cambio climático. Sin embargo, el mejoramiento genético (animal y vegetal) no ocupó una posición preponderante y este puede desempeñar importante papel en el enfrentamiento al cambio climático.

Herrera (2018) demostró que el cambio climático es una realidad, ya que al comparar los datos de las décadas 1960-1970 *versus* 2000-2010, encontró que en la segunda década mencionada, las temperaturas máxima, mínima y media y el número de días cálidos fueron mayores, el número de días con frío y las precipitaciones fueron menores y la distribución anual de la precipitación fue diferente con respecto de la primera década mencionada. Además, se contabilizaron los rendimientos y la altura de *Pennisetum purpureum* y se correlacionaron con los elementos climáticos. Los resultados demostraron que, en igualdad de condiciones de variedad de pasto, manejo y suelo, las plantas de la década del año 2000 tuvieron mayor altura y menores rendimientos que las plantas de la década de 1970, respuesta evidente de las consecuencias del cambio climático (cuadro 8).

## Cuadro 8

Comparación del rendimiento y la altura de *Pennisetum purpureum* en dos décadas en igualdad de sistema de explotación

Elemento climático	Década	
	1960-1970	2000-2010
Altura (cm)		
Temperatura mínima (°C)	204.19	216.16
Temperatura máxima (°C)	331.14	353.75
# días temperatura mínima < 15° C	50.52	65.50
# días temperatura máxima > 27° C	124.30	142.58
# días lluvias	148.32	114.11
Lluvias (mm)	44.16	40.33
Rendimiento (t MS/ha)		
Temperatura mínima (°C)	2.87	2.85
Temperatura máxima (°C)	2.50	0.98
# días temperatura mínima < 15° C	1.54	1.45
# días temperatura máxima > 27° C	1.73	1.71
# días lluvias	0.90	0.40
Lluvias (mm)	1.75	1.65

Fuente: Herrera (2018).

La investigación anterior se fundamentó en la recopilación de datos de *P. purpureum* y de los elementos del clima en el periodo comprendido entre 1960 y 2010 (más de 40 años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal). Este estudio demostró que al considerar los elementos del clima de forma individual y no mediante análisis multivariado, la altura de la planta disminuyó con los elementos climáticos, excepto con el número de días con lluvia. La respuesta es lógica, ya que este indicador mostró la mayor variabilidad, lo que motivó que su influencia fuera mayor que la del resto de los indicadores. Además, se conoce que cuando la variabilidad de las precipitaciones es alta, al igual que su distribución, se pueden producir periodos de estrés hídrico que repercuten en el crecimiento del pasto (Herrera, 2015).

Por otro lado, al tener la planta mayor altura, la configuración espacial de la macolla es diferente, caracterizada por menor número de tallos de reducido grosor y además el cultivo presenta menor número de hojas y, por lo tanto, menor rendimiento. Esta es una respuesta fisiológica de adaptación de las plantas a condiciones que no son las óptimas para su crecimiento (Starks *et al.*, 2020).

## Conclusiones

- Mediante análisis de correlación (coeficiente de Pearson) y análisis de componente principal se establecieron las relaciones entre el rendimiento y composición química de variedades de pastos y forrajes, y algunos elementos del clima. Estas relaciones fueron específicas para cada pasto, época del año y región geográfica.
- Los resultados evidenciaron mayores correlaciones entre la distribución (número de días) de las temperaturas y precipitaciones, y el rendimiento y composición química comparado con los valores promedios de dichos indicadores del clima.
- *Leucaena* mostró las mayores correlaciones, comparado con la *Tithonia* de los metabólicos secundarios con los indicadores del clima.
- Los modelos matemáticos entre el rendimiento y la composición química, y los elementos del clima de varios pastos fueron complejas, con variables coeficientes de determinación y errores estándar, y resultaron específicas para cada variedad, época del año y para determinada zona geográfica.
- Se demostró la presencia del cambio climático, ya que después de cuarenta años las plantas de *Pennisetum purpureum* mostraron mayor altura y menor rendimiento.
- Tener en cuenta estos resultados para la selección futura de especies y variedades de pastos y forrajes tolerantes a las altas temperaturas y déficit hídricos.

## Recomendaciones

- Reactivar los estudios de genética y fisiología en pastos, forrajes y otros cultivos de interés para la ganadería.
- Obtener o introducir nuevas especies que respondan a las condiciones ambientales futuras, en especial aquellas que se caractericen por ser tolerantes a elevadas temperaturas y altos déficits hídricos, entre otras cualidades.
- Identificar modelos matemáticos individuales o por especie que sean sencillos y permitan establecer el comportamiento de los pastos relacionados con los elementos del clima.
- Establecer modelos matemáticos fáciles de comprender y aplicar que posibiliten la predicción del comportamiento de los pastos y forrajes en escenarios futuros.

## Literatura citada

- Akbar-Ibrahim, M. (2018). *Ganadería y cambio climático en América Latina*. En: Memorias VI Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba.
- Álvarez Brito, A. (2013). *El cambio climático y la producción animal*. En: Memorias IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba.
- Álvarez-Morales, R.; Álvarez-Escudero, L. y Aenlle-Ferro, L. (2005). Características de las frecuencias y las tendencias de la temperatura a lo largo de la Isla de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. 12(2): 76-87.
- Álvarez, A. y Febles, G. (2015). *El cambio climático y su vinculación con los pastos y forrajes en Cuba*. En: Memorias V Congreso de Producción Animal. CD-ROM, La Habana, Cuba. Pp. 264-269.
- Álvarez, A.; Herrera, R.S.; Díaz, L. y Noda, A. (2013). Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Pennisetum purpureum* clones. *Cuban J. Agric. Sci.* 47(4): 413-417.

- Andrade, A.S.; Santos, P.M.; Pezzopane, J.R.M.; de Araujo, L.C.; Pedreira, B.C.; Pedreira, C.G.S.; Marin, F.R. y Lara, A.S. (2015). Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development application. *Grass and Forage Science*. 71(1): 54-65.
- Barrientos, A.; Herrera, R.S.; Padilla, C.; Ramos, N.; Izquierdo, I.; García Trujillo, R.; Hernández, M.; Machado, R., Remy, V.; Díaz, D.; Fernández, D.; Funes, F. y Nápoles, G. (1985). Evaluación de variedades de *Cynodon dactylon* introducidas en Cuba. Reseña descriptiva. La Habana: Ed. ISCAH, 88 p.
- Caner, R.A. (2004). *Clima de Cuba*. Curso de Geografía de Cuba. La Habana, Cuba: Ed. Rebelde, 14 p.
- Crespo, G. y Herrera, R.S. (1982). *Influencia de los factores climáticos en la variación del rendimiento y calidad de los pastos*. En: Memorias 5<sup>o</sup>. Seminario Científico de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. Pp. 105.
- Delgado, C.; Rivalta, F.R.; Lugo, L. y Peñate, M. (2015). Efectos de la variabilidad agroclimática sobre los pastos, crianza y producción del ganado lechero en Cuba. En: Memorias V Congreso de Producción Animal Tropical. CD-ROM, La Habana, Cuba. Pp. 270-275.
- Deinum, B. (1966). *Influence of some climatological factors on the chemical composition and feeding value of herbage*. En: Proc. 10<sup>th</sup> International Grassland Congress. Helsinki, Finlandia. Pp. 415-418.
- Deinum, B. y Dirven, J.G.P. (1972). Climate, nitrogen and grass. 5. Influence of age, light intensity and temperature on the production and chemical composition of Congo grass (*Brachiaria ruziziensis* Germain et Everard). *Neth. J. Agric. Sci.* 20: 125-132.
- Deinum, B. y Dirven, J.G.P. (1976). Climate, nitrogen and grass. 7. Comparison of production and chemical composition of *Brachiaria ruziziensis* and *Setaria sphacelata* grown at different temperature. *Neth. J. Agric. Sci.* 24: 67-78.
- Deinum, B.; van Es, A.J.H. y van Soest, P.J. (1968). Climate, nitrogen and grass. II. The influence of light intensity, temperature and nitrogen on *in vivo* digestibility of grass and the predictions of these effects from some chemical procedures. *Neth. J. Agric. Sci.* 16: 217-233.
- Díaz, M.F.; Suárez, J.; Herrera, R.S. y Martín, G. (2015). *Producción de alimentos y energía para la seguridad y soberanía alimentaria*. En: La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal. Editores: Núñez, R.; Ramírez, R.; Fernández, S.; Araujo, O. García, M. y Díaz, T. E. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados-Fundación COLPOS-Universidad de Chapingo-ALPA-FAO-IICA. Pp. 307-330.
- 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.I.; González-García, T.; Hernández-Sosa, M.; Valderá-Figueroa, N.; Hernández González, D. y Cabrera-Medina, A. (2018). Estado del Clima en Cuba 2017. Resumen ampliado. *Revista Cubana de Meteorología*. 24(2): 226-237.
- Funes, F.; Pérez, L. y Ronda, A. (1980). Crecimiento y desarrollo de las gramíneas en Cuba. 2. Efecto de tres intervalos de corte en el rendimiento de ocho gramíneas. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.*, 14(2): 175-181.
- Galindo, J.; González, N.; Luiz Abdalla, A.; Alberto, M.; Lucas R.C.; Dos Santos, K. C.; Santos, M. R.; Louvandini P.; Moreira, O. y Sarduy, L. (2016). Effect of a raw saponin extract on ruminal microbial population and *in vitro* methane production with star grass (*Cynodon nlemfuensis*) substrate. *Cuban J. Agric. Sci.* 50(1): 77-88.
- García Rodríguez, D.; Durán Llacer, I. y Lapinel Pedroso, B. (2020). Cantidad de días con lluvia y eventos significativos de sequía en el centro de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. 26(2): 1-14.
- Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A. y Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italia. No. 177. 251 p.
- Hair, J. F.; Anderson, R.E.; Tatham R.L. y Black, W.C. (1999). *Análisis multivariante*. Ed. Otero, A. 5ta. Ed. Prentice Hall, Madrid, España. 799 p.
- Hernández, J.F.; González, C.M. y Cortinas, P.G. (2020). Resumen de la temporada invernal 2018-2019 en las provincias de Artemisa y Mayabeque. *Revista Cubana de Meteorología*. 26(1): 1-9.

- Hernández Díaz-Ambrone, C.; Martínez Valderrama, J. y Calvete Sogo, H. (2011). Modelos para la simulación del crecimiento y desarrollo de pastos. *Pastos*. 41(2): 127-162.
- Herrera, R.S. (1981). Influencia del fertilizante nitrogenado y la edad de rebrote en la calidad del pasto bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* cv. Coast Cross 1). Tesis de doctorado, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Herrera, R.S. (1985). Relación entre el clima y el rendimiento y calidad de los pastos. En: *Régimen de riego en diferentes especies de pastos y forrajes en suelo ferralítico rojo*. Informe Técnico, ICA. 47 p.
- 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(2): 221-232.
- Herrera, R.S. (2018). *Cómo será el comportamiento de los pastos y forrajes con el cambio climático*. En: VI Congreso de Producción Animal Tropical. CD-ROM, La Habana, Cuba.
- Herrera, R.S.; García, M. y Cruz, A.M. (2016). Relación entre algunos indicadores del climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de *Pennisetum purpureum*. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 20(2): 33-41.
- Herrera, R.S. y Menchaca, M.A. (1982). *Resultados preliminares sobre la influencia de los factores climáticos en el comportamiento de la proteína en Bermuda cruzada*. En: VII Seminario Interno ICA, La Habana. Pp. 54.
- Herrera, R.S. y Ramos, N. (2015). Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería*. Capítulo VI. Ed. R.S. Herrera. Editorial EDICA. Mayabeque, Cuba. Pp. 87-131.
- Herrera, R.S.; Verdecia, D.M.; Ramírez, J.L.; García, M. and Cruz, A.M. (2017a). Secondary metabolites of *Leucaena leucocephala*. Their relationship with some climatic 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. y Cruz, A.M. (2017b). Relation between some climatic factors and the chemical composition of *Tithonia diversifolia*. *Cuban J. Agric. Sci.* 51(2): 271-279.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Houghton, J.T. et al. Eds. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York. 881 p.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M. y Miller. H.L. Eds. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York. 996 p.
- Lauzán, J.R.; Herrera, R.S.; Martínez, R.O.; Monzote, M. y Cruz, R. (1990). A study of the green pigments and carotenoids in king grass somaclones. II. Dry period. *Cuban J. Agric. Sci.* 24(2): 231-237.
- Lauzán, J.R.; Vento, H.; Herrera, R.S.; Martínez, R.O. y Cruz, R. (1991). A study of the green pigments and carotenoids in king grass (*Pennisetum purpureum*) somaclones. III. Rainy period. *Cuban J. Agric. Sci.* 25(2): 195-200.
- Medina, O.; Wollner, H. y Castillo, J.L. (1968). La influencia de distintos niveles de fertilizantes N, P y K en el rendimiento de la hierba pangola. I. Informe interino. *Cuban J. Agric. Sci.*, 2(1): 119-126.
- Murgueitio, E.; Chará, J.; Barahona, R. y Rivera, J.E. (2019). Development of sustainable cattle rearing in silvopastoral systems in Latin America. *Cuban J. Agric. Sci.* 53(1): 65-71.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadísticas e Información). (2015). *Panorama uso de la Tierra*. Cuba. 14 p.
- Palma, J.M.; Zorrilla, J.M. y Nahed, J. (2019). Incorporation of tree species with agricultural and agroindustrial waste in the generation of resilient livestock systems. *Cuban J. Agric. Sci.*, 53(1): 73-90.
- Pérez Infante, F. (1970). Efecto de tres intervalos de corte y tres niveles de nitrógeno en las ocho gramíneas más extendidas en Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 4(2): 145-156.
- Pérez Infante, F. (2013). *Ganadería eficiente. Bases fundamentales*. Ed. ACPA, La Habana, Cuba. 123 p.
- Planos, E.; River, R. y Guevara, A. (2013). Impacto del cambio climático y medios de adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente y Desarrollo. CITMA, La Habana, Cuba. 430 p.
- Ramírez, J.L. (2010). Rendimiento y valor nutritivo de cinco gramíneas en el Valle del Cauto. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias veterinarias. Universidad Granma-ICA. Cuba.

- Ramírez, J.L.; Herrera, R.S.; Leonard, I.; Cisneros, M.; Verdecia, D. y Álvarez, Y. (2011a). Relation between climatic factors, yield and quality of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 45(3): 293-298.
- Ramírez, J.L.; Herrera, R.S.; Leonard, I.; Cisneros, M.; Verdecia, D. y Álvarez, Y. (2011b). Rendimiento e indicadores de calidad en *Panicum maximum* vc. Likoni en el Valle del Cauto, Cuba. *REDVET*, 12(6). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n060611.html>. (Consultado en septiembre 9 de 2013).
- Ramírez, J.L.; Herrera, R.S.; Leonard, I.; Cisneros, M.; Verdecia, D.; Álvarez, Y. y López, B. (2012). Relationship between quality indicators and age on *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 46(3): 315-320.
- Ramírez, J. L.; Herrera, R.S.; Leonard, I.; Verdecia, D.; Álvarez, Y.; Arceo, Y. y Uvidia, H. (2016). *Rendimiento y calidad del Cenchrus purpureus Cuba CT-169 en ecosistemas degradados de la región oriental de Cuba*. En: IV Convención Internacional Agrodesarrollo 2016, Matanzas, Cuba, CD-ROM. Pp. 586-589.
- Ramos, N.; Herrera, R.S. y Curbelo, F. (1976). Reseña descriptiva del pasto estrella. Universidad de La Habana, Cuba, 38 p.
- Resende, M. (2018). Producción de alimento y seguridad alimentaria para América Latina y el Caribe. Actualidad y perspectivas. En: Memorias VI Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba.
- Rivington, M. y Koo, J. (2010). Climate change, agriculture and food security challenge program: report on the meta-analysis of crop modeling for climate change and food security. Disponible: <http://ccafs.cgiar.org/node/439>. (Consultado el 15 octubre de 2012).
- Rodríguez, L.; Larduet, R.; Ramos, N. y Martínez, R.O. (2013). Modelling of dry matter yield of *Pennisetum purpureum* cv. king grass with different cutting frequencies and N fertilizer dosages. *Cuban J. Agric. Sci.* 47(3): 227-232.
- Starks, P.J.; Steiner, J.L.; James, Neel, P.S.; Turner, K.E.; Northup, B.K.; Gowda, P.H. y Brown, M.A. (2020). Assessment of the Standardized Precipitation and Evaporation Index (SPEI) as a potential management tool for grasslands. En: *Grassland management for sustainable agroecosystems*. Editors Abad Chabbi Gianni Bellocchi MDPI, Switzerland, Pp. 107-121.
- Verdecia, D.M. (2014). Composición química y metabolitos secundarios en seis variedades de árboles, arbustos y leguminosas volubles en el Valle del Cauto. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias veterinarias. Universidad Granma-ICA, Cuba.
- Verdecia, D.M.; Herrera, R.S.; Ramírez, J.L.; Leonard, I.; Bodas, R.; Andrés, S.; Giráldez, F.J.; González, J.S.; Arceo, Y.; Bazán, Y.; Álvarez, Y. y López, S. (2017). *Calidad de la Neonotonia wightii a diferentes edades de rebrote en el Valle del Cauto, Cuba*. En: Agromas 2017. V Congreso de Agricultura en Ecosistemas Frágiles y Degradado. Bayamo, Cuba. CR-ROM.

Recepción: 19 de noviembre 2019

Arbitraje: 6 de marzo 2020

Dictamen: 5 de abril 2020

Aceptado: 3 de junio 2020