

Artículo científico

Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático

Variations of the growth periods for three tropical pastures, under the effects of climate change

Adrián Álvarez Adán

Facultad de Geografía. Universidad de La Habana Calle L No. 353, piso 6, e/ 21 y 23, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba

Correo electrónico: adrian.alvarez@geo.uh.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7533-3481>

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar los cambios de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático en Cuba. Se utilizó información de un registro de 30 años (línea base 1961-1990) de temperatura y precipitación medias mensuales, de la base de datos del Centro de Clima –perteneciente al Instituto de Meteorología de Cuba–, correspondiente a 61 estaciones meteorológicas. La evapotranspiración de referencia se calculó por la fórmula de Penman Monteith, modificada por la FAO y ajustada a las condiciones climáticas locales. Se realizó un análisis de las deficiencias hídricas, de las fechas de inicio y fin del periodo de crecimiento, y del índice de aridez. Para el análisis de los climas futuros, se usaron salidas diarias del Modelo de Circulación General Echan4, con el forzamiento de los escenarios de emisiones A2 y B2. El periodo de crecimiento, para 2071-2099, comenzará con un retraso de entre 12 y 15 decenas para *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst y *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. En contraste, se prevé un adelanto de la fecha de finalización del periodo entre la segunda y la tercera decenas de noviembre para *C. nlemfuensis* y *C. purpureus*, y en la primera decena para *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs. Se comprobó que el clima de Cuba sufrirá un fuerte proceso de aridización, y llegará a clasificarse como subhúmedo seco. Se concluye que el comportamiento de las precipitaciones y la evapotranspiración del cultivo tiene un impacto marcado en la duración del periodo de crecimiento de las especies de pastos en estudio, con una reducción de este, lo que se evidenciará en el retraso de las fechas de inicio y el adelanto de las de culminación. Ello tendría amplia repercusión en la duración de las fases fenológicas, los componentes del rendimiento y la calidad nutricional del cultivo, así como en la aparición de plagas y enfermedades.

Palabras clave: clima, *Cynodon nlemfuensis*, *Cenchrus purpureus*, *Megathyrsus maximus*.

Abstract

The objective of this study was to analyze the changes of the growth periods for three tropical pastures, under the effects of climate change in Cuba. Information from a 30-year record (baseline 1961-1990) of monthly mean temperature and rainfall was used, from the database of the Climate Center –belonging to the Cuban Institute of Meteorology–, corresponding to 61 meteorological stations. The reference evapotranspiration was calculated by Penman Monteith's formula, modified by FAO and adjusted to local climate conditions. The water deficiencies, of the beginning and end dates of the growth periods, and of the aridity index, were analyzed. For the analysis of future climates, daily outputs of the General Circulation Model Echan4 were used, forcing the emission scenarios A2 and B2. The growth period, for 2071-2099, will start with a delay of between 12 and 15 tens for *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst and *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. In contrast, an advance of the ending date of the period between the second and third tens of November for *C. nlemfuensis* and *C. purpureus*, and in the first ten days for *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs, is foreseen. It was proven that the climate of Cuba will undergo an extreme desertification process, and will be classified as dry sub-humid. It is concluded that the performance of rainfall and crop evapotranspiration have a marked impact on the duration of the growth period of the studied pasture species, with a reduction of this period, which will be shown in the delay of the beginning dates and advance of the ending dates. This would have wide repercussion on the duration of the phenological phases, yield components and crop nutritional quality, as well as the appearance of pests and diseases.

Keywords: climate, *Cynodon nlemfuensis*, *Cenchrus purpureus*, *Megathyrsus maximus*

Introducción

Las fluctuaciones climáticas registradas en diversas regiones de la Tierra tienen su impacto directo en la actividad agropecuaria, aunque de manera diferenciada. En climas templados, como producto

del calentamiento global, se espera que aumente el periodo para la producción de pastos, aunque con una disminución y variabilidad en la calidad del forraje, debido a los cambios que sufrirán los patro-

nes de precipitación en esas regiones. Por su parte, en las zonas tropicales se prevé que el impacto no sea similar para todos los cultivos; algunos tendrán afectaciones en el rendimiento; mientras que otros alcanzarán mejores resultados.

Estas variaciones en el clima también afectan a Cuba y son objeto de estudio y preocupación, debido principalmente a su impacto en la producción de alimento, tanto humano como animal. Hoy día, los agricultores presencian anomalías climáticas más intensas que las experimentadas años atrás. En este sentido, Planos *et al.* (2013) señalaron que la agricultura se desarrollaría en un ambiente afectado por el aumento de la frecuencia y la intensidad de las sequías, la aridización del clima, el aumento de la evapotranspiración real de los ecosistemas y un déficit hídrico pronunciado. En el caso del alimento animal ello resulta de mayor interés, si se toma en cuenta que la alimentación del bovino, basada en los pastos, constituye el sistema productivo más económico. Actualmente, se cuenta con valiosos datos acerca de la productividad y el potencial de producción de leche de los pastos tropicales, así como sobre su manejo y los factores que lo rigen.

Se puede decir que la variabilidad de la precipitación deriva en consideraciones económicas, de acuerdo con las cuales se acepta que la producción de un cultivo pueda ser económicamente aceptable. La falta de agua en el período de siembra o el exceso durante las fases de maduración y cosecha tienen su impacto directo en el rendimiento. En cuanto a los pastos, el tema de la variabilidad de las precipitaciones es importante porque su productividad está estrechamente relacionada con la estacionalidad de las lluvias.

El periodo de crecimiento es el tiempo del año durante el cual las condiciones de temperatura y precipitación son favorables para el desarrollo de las plantas; por lo tanto, debe haber un ambiente favorable para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Ante las variaciones del ambiente causadas por el hombre, expresadas en la alteración en los patrones térmicos y de lluvias, es necesario precisar los cambios ambientales locales que más inciden en la agricultura; por lo que el objetivo de este estudio fue analizar el comportamiento de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático en Cuba.

Materiales y Métodos

Se utilizó la información de temperatura y precipitación medias mensuales, de la base de datos

del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), correspondiente a 61 estaciones meteorológicas ubicadas a lo largo de todo el país. Se contó con un registro de 30 años (1961-1990), que se tomó con una línea base para conocer qué estaba pasando con el comportamiento de estas variables antes de introducir un análisis de proyección de clima futuro.

Las especies de pastos estudiadas fueron: la guinea likoni (*Megathyrsus maximus* vc. Likoni), el CT-115 (*Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115) y el pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlemfuensis* vc. Jamaicano). La selección tuvo en cuenta que eran los pastos más representativos y usados en Cuba para la alimentación animal, además de que manifiestan alta plasticidad ecológica.

La evapotranspiración de referencia (Eto) se calculó por la fórmula de Penman Monteith, modificada por la FAO y ajustada por Solano *et al.* (2003) a las condiciones climáticas locales. La evapotranspiración del cultivo (Etc) se calculó a través de la fórmula $Etc = Eto \cdot kc$, en la cual se tomó como coeficiente de cultivo (kc): 1,0 para *M. maximus*, 0,8 para *C. nlemfuensis* y 0,75 para *C. purpureus*. Después de la obtención de la Etc, se realizó un análisis gráfico de su relación con la precipitación para identificar el comportamiento mensual de las deficiencias hídricas y se determinó las fechas de inicio y fin del periodo de crecimiento, establecidas en el punto donde la precipitación superó la mitad de la Etc.

El índice de aridez utiliza la relación precipitación anual promedio (P) y la evapotranspiración potencial (ETP) para clasificar las tierras áridas en hiperáridas, áridas, semiáridas y secas subhúmedas, de acuerdo con el *Atlas Mundial de Desertificación*. Las tierras áridas tienen una relación P/ETP menor de 0,65.

Para el análisis de los climas futuros, se usaron salidas diarias del Modelo de Circulación General (MCG) Echan4, con el forzamiento de los escenarios de emisiones (SRES, según sus siglas en inglés) A2 y B2 propuestos por el IPCC (2001), de una resolución espacial de 25 km. Este modelo se encuentra entre los disponibles y representa en forma adecuada la circulación general de la atmósfera en el Caribe (Campbell *et al.*, 2011). Además, estos escenarios fueron seleccionados, según Bárcena *et al.* (2014), debido a que las condiciones de América Latina y el Caribe seguirán determinadas por el desarrollo económico, con nuevas tecnologías «limpias», principalmente a escala de región o localidad. Se consideraron los horizontes temporales

2040, 2070 y 2099, para establecer parámetros de comportamiento a corto, mediano y largo plazo de cada una de las variables estudiadas. Posteriormente los valores se estandarizaron para igualar a cero el promedio y obtener las anomalías, mediante el paquete estadístico SPSS®.

Resultados y Discusión

Cada especie tiene requerimientos específicos en cuanto a su demanda de agua, por lo que cubrir los requerimientos de la especie para su crecimiento y desarrollo es de vital importancia. Teniendo en cuenta lo anterior, se observó gran diferenciación espacial en el potencial de agua para el desarrollo de cada uno de los cultivos (fig. 1).

Según las predicciones de precipitación a corto plazo (2011-2040), *C. nlemfuensis* encontrará mayores áreas con restricciones para su desarrollo y crecimiento por exceso de agua, sobre todo en la región occidental y en algunas áreas del oriente, donde las precipitaciones no lograrán suplir su demanda hídrica. En *M. maximus* el impacto será menor, y *C. purpureus* será la especie que menos sufrirá a corto plazo. No obstante, para finales del siglo XXI será esta última la que mayores áreas perderá, como producto de la disminución de las precipitaciones, que no podrán satisfacer sus demandas hídricas (Álvarez-Adán *et al.*, 2016).

La evapotranspiración de referencia durante 1961-1991 fue de 1 434 mm como promedio, superior a la precipitación en 125 mm, lo cual indica que esta última no logró suplir la demanda evapotranspirativa de la atmósfera en ese periodo. Por su parte, los resultados para cada uno de los pastos mostraron

diferencias en cuanto a sus requerimientos hídricos para el crecimiento, desarrollo y reproducción. *M. maximus* fue la especie más exigente, seguida de *C. nlemfuensis* y *C. purpureus* (fig. 1). Estas diferencias se evidenciaron directamente en la duración del periodo de crecimiento.

En el periodo base (1961-1990) se observó que, por lo bajos requerimientos hídricos de *C. nlemfuensis* y *C. purpureus*, estos se pudieron cultivar durante todo el año, ya que las precipitaciones fueron suficientes para suplir sus demandas evapotranspirativas. Sin embargo, *M. maximus* solo se cultivó durante 214 días al año: desde la tercera decena de mayo hasta la segunda decena de diciembre. En el caso de los pastos de corte, como *C. purpureus*, deben efectuarse cambios en el manejo para su aprovechamiento, como el uso de riego; ello significa incremento de los costos, por lo que se debería pensar en métodos de conservación, como el ensilado, para el periodo seco.

Al analizar los pronósticos del Quinto Informe del IPCC (2014), se puede avizorar que la demanda de agua para riego se incrementará donde el clima sea más cálido, lo que aumentará la evaporación del suelo y acelerará la transpiración de las plantas; ello producirá una mayor competencia entre la agricultura y los usuarios urbanos e industriales. Es probable que el aumento de la evapotranspiración potencial intensifique el estrés producido por la sequía, especialmente en los trópicos y subtropicos semiáridos.

Para Cuba, hacia 2099 se prevé una disminución de los periodos de crecimiento para cada una de las especies, según las proyecciones de la disminución

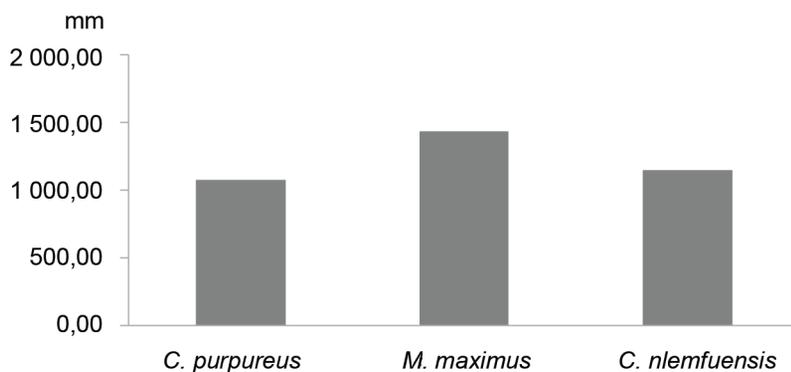


Figura 1. Evapotranspiración del cultivo de *C. purpureus*, *M. maximus* y *C. nlemfuensis* (1961-1990).

de las precipitaciones entre un 10 y 20 % y el aumento de la Eto entre un 20 y 24 %.

Si bien *M. maximus* es la especie más exigente en sus requerimientos hídricos, será la que menos afectaciones se prevé que tenga en la duración del periodo de crecimiento; es decir, a largo plazo (1971-2099) solo experimentará una reducción de alrededor de 52 días para ambos escenarios. Mientras, *C. nlemfuensis* experimentará una reducción entre 172 y 178 días para los escenarios A2 y B2, respectivamente. *C. purpureus*, por su parte, mostrará un comportamiento más variable, ya que se prevé una disminución entre 166 y 232 días (fig. 2); ello puede corroborarse, según Álvarez-Adán *et al.* (2016), en la distribución espacial de la especie a lo largo del país, sobre todo en el último trienio del siglo XXI, con una disminución del 58 % de las áreas disponibles para su crecimiento y desarrollo.

Otra arista del análisis es la fecha de inicio y fin de este periodo. Para todas las especies el periodo de crecimiento será muy variable, sobre todo la fecha de inicio, y más acentuado a largo plazo. En el caso del horizonte temporal 2071-2099 comenzará en el mes de mayo, lo cual denota un retraso considerable (entre 12 y 15 decenas) para *C. nlemfuensis* y *C. purpureus*. En contraste, se prevé un adelanto de la fecha de finalización del periodo: entre la segunda y la tercera decena de noviembre para *C. nlemfuensis* y *C. purpureus* y en la primera decena para *M. maximus* (fig. 3a, b y c).

Este análisis no solo se debe quedar a nivel de la duración del periodo de máxima humedad, capaz de satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, sino también tiene amplia repercusión en la duración de las fases fenológicas, los componentes del rendimiento, la calidad nutricional del cultivo y la aparición de plagas y enfermedades. En la actualidad existen múltiples investigaciones que evidencian estos efectos.

Con respecto a la distribución del requerimiento hídrico en las distintas fases de desarrollo de *C. purpureus*, según Murillo-Solano *et al.* (2014) se observa la misma tendencia, con valores bajos al inicio de la etapa de crecimiento, altos durante la fase de máximo crecimiento y una disminución al final de la época de crecimiento si se siembra en agosto. Por otra parte, Calvillo Sanchez (2018) señaló que las plagas que afectan a *C. purpureus* aparecen normalmente en la época de lluvias cuando hay abundante humedad relativa, como es el caso del gusano falso medidor y la mosca pinta, entre otras que afectan seriamente el rendimiento forrajero.

Según Herrera (2013), los clones de *C. purpureus* tolerantes a la sequía mostraron un comportamiento diferente en la región occidental con respecto a la zona oriental de Cuba; ello está estrechamente relacionado con las características climáticas en las que se desarrollaron.

Ramírez *et al.* (2011) hallaron, en *C. purpureus* vc. Cuba CT-169, correlaciones entre el rendimiento y la temperatura, la lluvia y los días con lluvia. Similares resultados reportaron Herrera *et al.* (2013) en seis variedades de pastos, quienes argumentaron que cada una de ellas mostró un coeficiente de correlación específico. Además, Álvarez-Adán *et al.* (2013) encontraron ecuaciones múltiples lineales entre el rendimiento y la temperatura, las lluvias y los días con lluvia.

Para el buen establecimiento de *M. maximus* durante la siembra, la semilla requiere de una superficie con humedad óptima para la germinación (Pilco-Herrera, 2018). Por tanto, los periodos largos de sequía posteriores a la siembra pueden causar su pérdida parcial o total; por ello, la época adecuada de establecimiento es la de la lluvia, siempre evitando la sequía intraestival. Además, la presencia de déficit hídrico durante la fase reproductiva (marzo-mayo) tiene un efecto más marcado en el crecimiento y la fisiología de la planta. En los estudios de Velasco *et al.* (2018) se demostró que la producción de biomasa por estación del año fue proporcional a la precipitación registrada. La mayor acumulación de biomasa de hojas en verano coincide con las mejores condiciones climáticas. En la región central del estado de Chiapas –México–, en invierno y sin registro de precipitación, disminuyó el crecimiento del pasto, unido al descenso de la temperatura. Al respecto, debe considerarse que el estrés hídrico reduce la tasa de fotosíntesis, produce muerte de las hojas, e induce a las plantas a buscar estrategias, como la caída de las hojas. En relación con el estrés hídrico, Njarui *et al.* (2014) y Dutra *et al.* (2014) informaron que 7 de 20 ecotipos de *M. maximus* Jacq., con baja resistencia a la sequía, no prosperaron al ser evaluados en tres lugares de Kenia; y en ellos se registró disminución del crecimiento de las hojas y los tallos, como efecto fisiológico fundamental.

Si bien estos resultados son preliminares y pudieran existir genotipos que presenten menor susceptibilidad a estas condiciones, la información disponible muestra un problema potencial que debe estar en la mira de las investigaciones agropecuarias actuales. Un adelanto de la fecha de siembra,

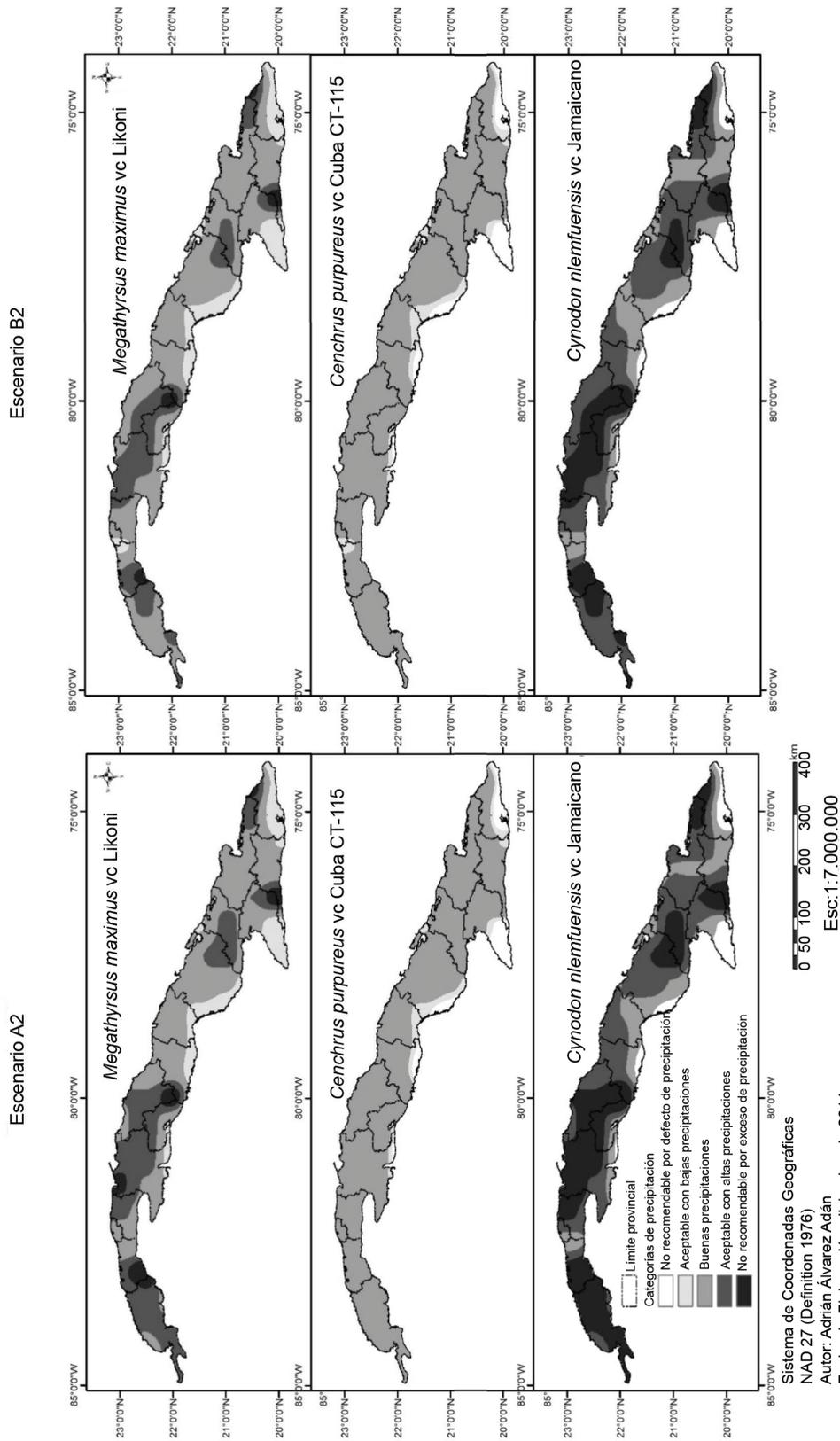


Figura 2. Potencial de precipitación para el crecimiento y desarrollo de las especies *C. purpureus*, *M. maximus* y *C. nlemfuensis* bajo los escenarios de cambio climático A2 y B2 (2011-2040).

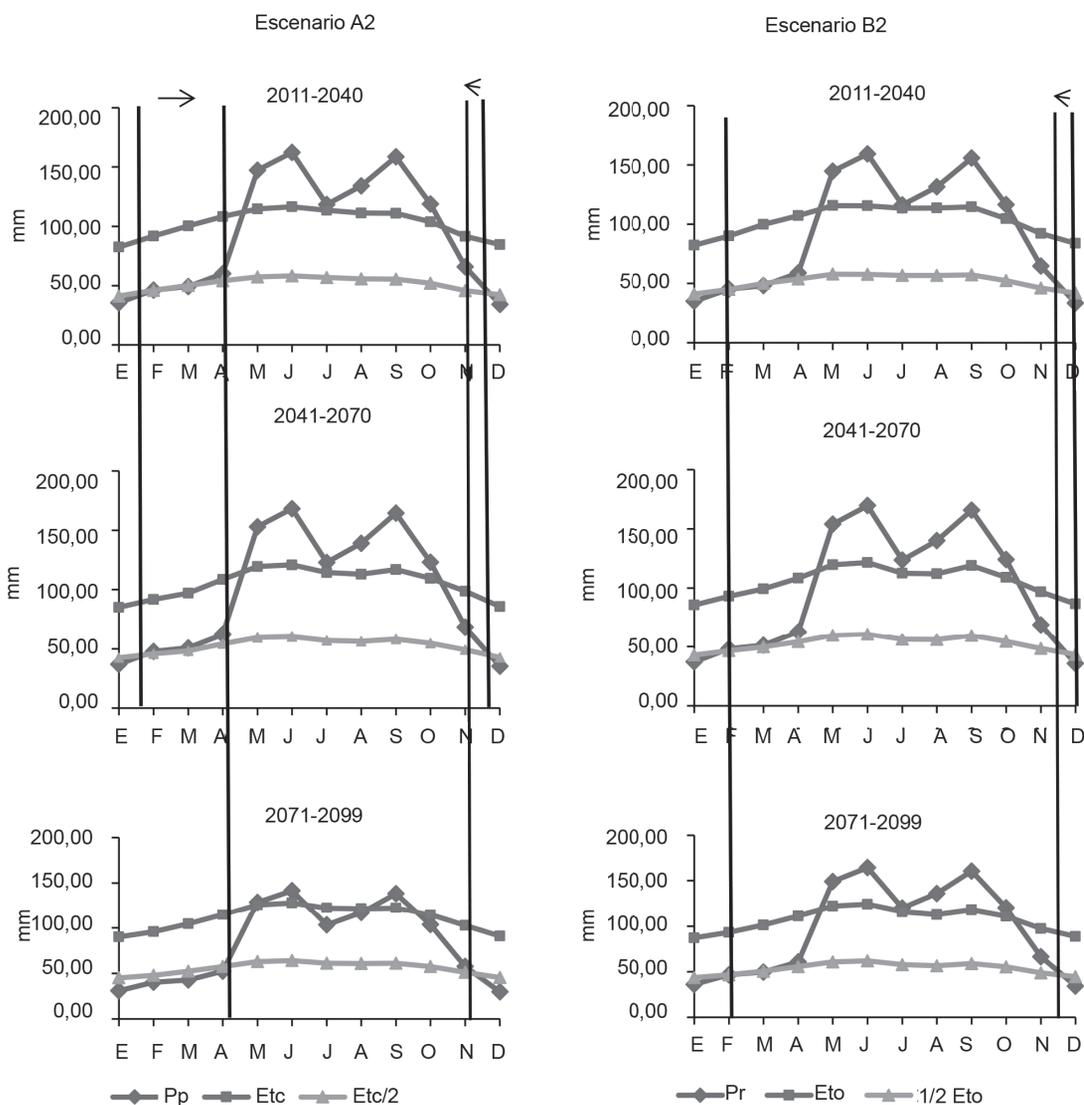


Figura 3a. Comportamiento de las fechas de inicio y fin del periodo de crecimiento para *C. purpureus*

según Hoffman y Castro (2012), implica, además, un cambio de las condiciones ambientales que experimentan las distintas fases del desarrollo del cultivo.

A esta consideración se le suma que el clima cubano está sufriendo una transición del estadio húmedo, con un índice de aridez de 0,88 en el período 1961-1990, al estadio subhúmedo seco, con un índice de aridez entre 0,53 y 0,64 para el horizonte temporal 2071-2099 de los escenarios A2 y B2, respectivamente. Esto se corrobora en la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de

las Naciones Unidas sobre Cambio Climático emitida por Cuba (AMA, 2015; Planos *et al.*, 2018), al plantear que «el clima cubano transita de su condición de tropical húmedo a tropical seco con aproximadamente 1 000 mm de lluvia promedio anual y 70 días con lluvias, condición que propiciará el desplazamiento de los paisajes secos de la región oriental hacia otras zonas del país».

Si bien existen experiencias sobre la reducción de la persistencia de estas especies de pastos y del comportamiento de otras especies con mayor tolerancia a los cambios de sequía que

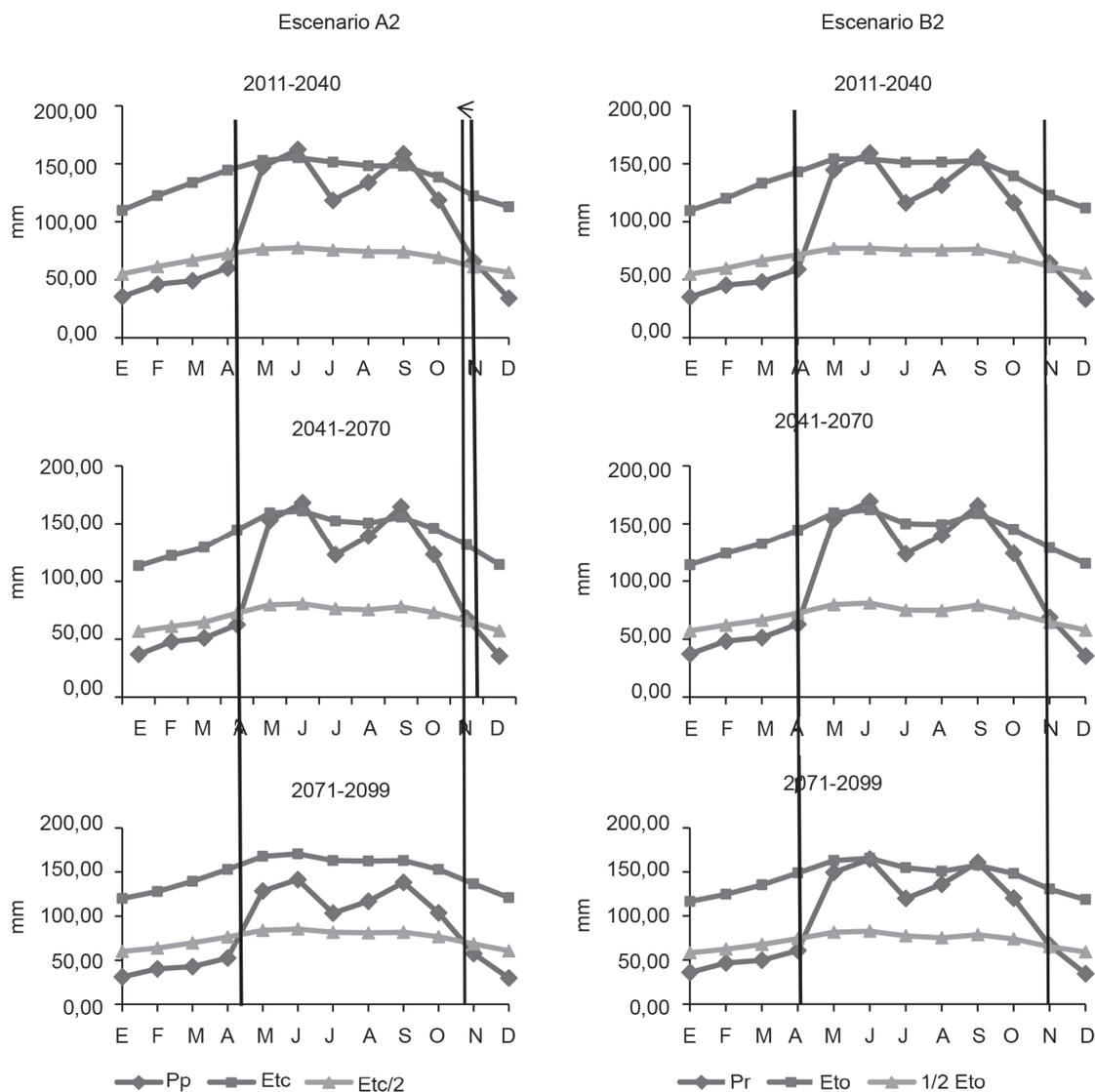


Figura 3b. Comportamiento de las fechas de inicio y fin del período de crecimiento para *M. maximus*

se pronostican en los modelos, en la actualidad en muchos casos se obvian los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos y se siguen sembrando en lugares que no potencian su máximo desarrollo y crecimiento. Es decir, los cultivos no logran expresar su máximo potencial genético, aun cuando subsisten a estas condiciones de sequía o exceso de humedad.

Este estudio, aunque se realizó para toda la isla de Cuba, constituye un aporte metodológico para el análisis del fenómeno a una escala de trabajo más

detallada, como la provincial y la municipal, teniendo en cuenta los niveles de riesgo agroclimático de cada territorio. Además, reviste gran significación de uso práctico para los funcionarios de la agricultura, en particular los del Seguro Agropecuario; quienes pueden hacer uso de él para obtener información agroclimática de diferentes zonas y determinar la selección, con conocimiento de causa, de qué cultivos y variedades es factible distribuir racionalmente por todo el país. Otro aspecto importante en el que puede tener relevancia el estudio es

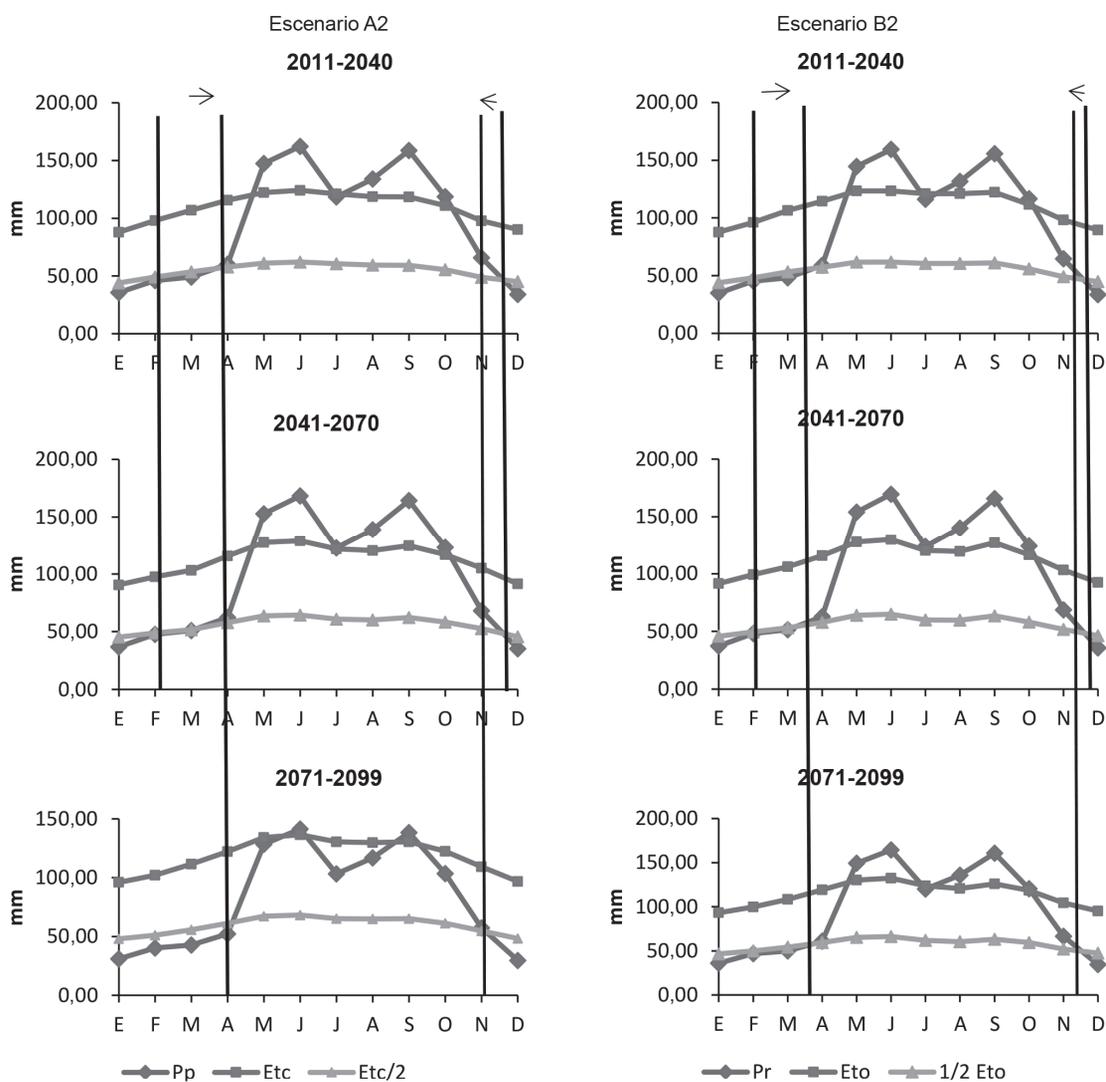


Figura 3c. Comportamiento de las fechas de inicio y fin del período de crecimiento para *C. nlemfuensis*.

en el financiamiento climático, muy incipiente aún y solo con algunos proyectos; según Sánchez-Gutiérrez (2017), este no debería solo identificarse con la movilización de recursos financieros, sino también con el acceso a tecnologías, a la transferencia de conocimientos y experiencias y a la generación de capacidades para enfrentar los efectos derivados del cambio climático.

Este tipo de análisis es una valiosa herramienta para la planificación de las fechas de siembra y la determinación de las primas que se deben establecer en la concertación del aseguramiento de

un cultivo, para cualquier región y época del año; asimismo, sirve de apoyo a la hora de estimar las posibilidades potenciales en cuanto a la producción de pastos y forrajes para el ganado.

Como resultado de un estudio de caso en el municipio Güines –provincia Mayabeque, Cuba–, Pérez-Montero *et al.* (2016) informaron que la disminución de las precipitaciones y el aumento de la evapotranspiración potencial en la región podrían generar una disminución del índice de aridez hasta 0,6; ello indica que la región transitará hacia un estado subhúmedo seco para finales del siglo XXI.

Además, se apreciará un retraso en las fechas de inicio y fin del periodo de crecimiento para ambos escenarios (RCP4.5 y RC8.5), respecto a lo establecido a finales del siglo xx, lo cual significa una disminución de la duración del periodo de crecimiento de 16 y 25 días, para un total de 222 y 198 días, respectivamente.

Estas predicciones permiten tener una nueva visión de la explotación de los pastos en Cuba, así como formular algunas estrategias de adaptación al cambio climático dentro de la actividad ganadera, entre las que se destacan:

- Modificación de las fechas de plantación de las diferentes especies en función de sus requerimientos hídricos, sobre todo en su fase de emergencia y al inicio del periodo húmedo en cada una de las localidades.
- Desarrollo de un programa de mejoramiento vegetal para ampliar la base genética y obtener nuevos genotipos tolerantes o resistentes a las condiciones ambientales esperadas; por ejemplo, los clones de *C. purpureus* tolerantes a la sequía obtenidos por el Instituto de Ciencia Animal (Herrera *et al.*, 2012).
- Implementación de métodos y tecnologías para el ahorro de agua en el cultivo, como la aplicación de riego con sistemas semiestacionarios por aspersión.
- Implementación de técnicas y métodos de la agricultura de precisión y de la agricultura climáticamente inteligente, con el fin de lograr la eficiencia en el uso de espacios y recursos dentro de un nuevo ordenamiento territorial.
- Aplicación de la tecnología del banco de biomasa con *C. purpureus* Cuba CT-115 (Martínez y Herrera, 2015) para solucionar el déficit de alimentos del periodo seco.

Conclusiones

El comportamiento de las precipitaciones y la evapotranspiración del cultivo tienen un impacto marcado en la duración del periodo de crecimiento de las especies de pastos en estudio, con una reducción de este y su expresión en el retraso de las fechas de inicio y el adelanto de las de culminación. Además, se comprobó que el clima de Cuba sufrirá un fuerte proceso de aridización, por lo que llegaría a clasificarse como subhúmedo seco.

Agradecimientos

Los resultados forman parte del Proyecto "Alternativas tecnológicas sostenibles para adaptarse al cambio climático en empresas ganaderas de la

provincia Mayabeque" financiado por el Programa Nacional "Cambio climático en Cuba: Impactos, mitigación y adaptación" y ejecutado por el Instituto de Ciencia Animal.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Adán, A.; Febles, G. & Fernández, J. M. Space distribution of *Pennisetum purpureum*, according to projections for climate change in Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (2):291-303, 2016.
- Álvarez-Adán, A.; Herrera, R. S.; Díaz, L. & Noda, A. Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Pennisetum purpureum* clones. *Cuban J. Agric. Sci.* 47:413-417, 2013.
- AMA. *Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana: Agencia de Medio Ambiente, 2015.
- Bárcena, Alicia; Prado, A.; Samaniego, J. L. & Pérez, R. *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf, 2014.
- Calvillo-Sanchez, Ana M. *Características, variedades y usos del pasto elefante (Pennisetum purpureum Schumacher)*. Tesis de grado. Buenavista Saltillo, México: División de Ciencia Animal, Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2018.
- Campbell, Jayaka D.; Taylor, M. A.; Stephenson, Tannecia S.; Watson, R. A. & Whyte, Felicia S. Future climate of the Caribbean from a regional climate model. *Int. J. Climatol.* 31:1866-1878, 2011.
- Dutra, L. A.; Carvalho, F. Cavalcante de; Leite, E. R.; Duarte, M. J. & Araújo Filho, C. J. A. de. Structural characteristics of mulato grass under different cutting heights. *Am. J. Plant Sci.* 5:627-635, 2014.
- Herrera, R. S. Clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía y salinidad. *Memorias de la XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2013.
- Herrera, R. S.; García, M.; Cruz, A. M. & Romero, A. Assessment of *Pennisetum purpureum* clones obtained by *in vitro* tissue culture. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:427-433, 2012.
- Herrera, R. S.; García, M.; Cruz, A. M. & Romero, A. Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos. *Memorias de la XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Ani-*

- mal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2013.
- Hoffman, E. & Castro, A. Cambios en la fecha de siembra de los cultivos de invierno en Uruguay: Implicancias sobre el rendimiento y el riesgo. *Cangüe*. 32:16-21, 2012.
- IPCC. Climate change 2001: The scientific basis. *Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden and D. Xiaosu, eds. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- IPCC. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. *Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, *et al.*, eds. Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2014.
- Martínez, R. O. & Herrera, R. S. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. En: R. S. Herrera, ed. *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería*. Mayabeque, Cuba: EDICA. p. 221-234, 2015.
- Murillo-Solano, J.; Barros-Henríquez, J. A.; Roncallo-Fandiño, B. & Arrieta-Pico, G. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. *Corpoica Cienc. Technol. Agropecu.* 15 (1):83-99, 2014.
- Njarui, D. M. G.; Gtheru, M.; Mwangi, D. & Keya, G. A. Production of giant Panicum in semiarid Kenya. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*. 2:100-102, 2014.
- Pérez-Montero, Ofelia; Álvarez-Adán, A. & Gómez-Villa, Yaritza. Cambio climático y vulnerabilidades en Cuba. En: A. C. Conde-Alvarez y J. C. López-Blanco, eds. *Variabilidad y cambio climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Propuestas para métodos de evaluación*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2016.
- Pilco-Herrera, L. J. *Comportamiento agronómico y composición química de variedades de Brachiarias y Megathyrsus maximus*. Tesis de grado. La Maná, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.
- Planos, E. O.; Gutierrez, T.; Capote, R.; Barranco, G.; Salabarría, D. & Vales, M., eds. *Aportes 2013-2018 del Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y mitigación*. La Habana: Agencia de Medio Ambiente, 2018.
- Planos, E. O.; Vega, R. & Guevara, A., eds. *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. La Habana: Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Medio Ambiente y Tecnología, 2013.
- Ramírez, J. L.; Herrera, R. S.; Leonard, I.; Cisneros, M.; Verdecia, D. & Álvarez, Y. Relación entre factores climáticos, rendimiento y calidad de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 169 en el Valle del Cauto, Cuba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 45 (3):293-297, 2011.
- Sánchez-Gutiérrez, Marlén. Una mirada a la problemática del financiamiento climático en Cuba: entre retos y oportunidades. *Revista Cubana de Economía Internacional*. 2:135-116, 2017.
- Solano, O.; Vázquez, R. & Menéndez, J. A. Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba. *Rev. cubana Meteorol.* 10 (1):33-38, 2003.
- Velasco, María; Hernández, A.; Vaquera, H.; Martínez, J.; Hernández, Patricia & Aguirre, J. Análisis de crecimiento de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombasa. *Rev. MVZ Córdoba*. 23 (Supl.):6951-6963, 2018. DOI: <http://doi.org/10.21897/rmvz.1415>.

Recibido el 18 de diciembre del 2018

Aceptado el 3 de junio del 2019