



# ESCENARIOS BIOCLIMÁTICOS PARA LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE OVINOS EN CIEGO DE ÁVILA, CUBA

## BIOCLIMATIC SCENARIOS FOR SHEEP PRODUCTION SYSTEMS IN CIEGO DE ÁVILA, CUBA

J.O. SERRANO<sup>1\*</sup>, J. MARTÍNEZ-MELO<sup>1</sup>, GRETHEL L. SIEIRO-MIRANDA<sup>2</sup>, N. FONSECA<sup>3</sup>,  
 IOAN RODRÍGUEZ SANTANA<sup>1</sup>, ALIANA LÓPEZ MAYEA<sup>4</sup>, F. MATOS PUPO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA),  
Carretera a Morón km 9 ½ CP: 69450, Ciego de Ávila, Cuba

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba

<sup>3</sup>Centro de Estudios de Producción Animal (CEPA), Universidad de Granma (UDG),  
Carretera de Manzanillo km 17 ½ CP: 85100, Granma, Cuba

<sup>4</sup>Institución de adscripción: Centro Meteorológico Provincial (CMP), Cuba.

\*Email: [jorgeorlayst@gmail.com](mailto:jorgeorlayst@gmail.com)

En este trabajo se interpretan los escenarios bioclimáticos para sistemas de producción de ovinos en Ciego de Ávila para 2030, 2050 y 2100 en los escenarios denominados rutas de concentración representativas 2.6, 4.5 y 8.5. Se utilizaron para ello datos mensuales de acumulados de temperatura ambiente y humedad relativa media del modelo regional PRECIS-CARIBE. La interpretación se apoyó en la literatura científica acerca del comportamiento de los ovinos ante el estrés por calor. Los resultados mostraron un ambiente futuro con condiciones meteorológicas favorables para el desarrollo de estrés por calor en ovinos. Las temperaturas oscilarán de 28.5 a 39.6 °C, según el tipo de escenario y el año. La humedad relativa alcanzará valores entre 60.5 y 85 %, lo que generará índices de temperatura y humedad relativa de 89.5 a 95.2 u. Las condiciones óptimas para que los ovinos se encuentren en bienestar térmico son inferiores a los escenarios para 2030, 2050 y 2100. La presencia de árboles y el desarrollo de sistemas silvopastoriles constituyen una alternativa para mitigar las condiciones climáticas adversas. Los escenarios bioclimáticos ofrecen información para la planificación futura y el manejo para la crianza de ovinos, selección de acciones y atenciones que propicien la aplicación de una agricultura inteligente desde el punto de vista climático, que contribuya a la producción sostenible de estos animales.

**Palabras clave:** bienestar animal, estrés por calor, modelación, pronóstico climático

This paper interprets the bioclimatic scenarios for sheep production systems in Ciego de Ávila for 2030, 2050 and 2100 in the scenarios called representative concentration pathways 2.6, 4.5 and 8.5. Data of accumulated ambient temperature and average relative humidity from the PRECIS-CARIBE regional model were monthly used for this purpose. The interpretation was based on scientific literature on the behavior of sheep under heat stress. The results showed a future environment with favorable meteorological conditions for the development of heat stress in sheep. Temperatures will range from 28.5 to 39.6 °C, depending on the type of scenario and the year. Relative humidity will reach values between 60.5 and 85%, which will generate temperature and relative humidity indices of 89.5 to 95.2 u. The optimal conditions for sheep to be in thermal welfare are lower than the scenarios for 2030, 2050 and 2100. The presence of trees and the development of silvopastoral systems constitute an alternative to mitigate adverse climatic conditions. Bioclimatic scenarios provide information for future planning and management of sheep rearing, selection of actions and care that promote the application of a climate-smart agriculture from the climatic point of view, which contributes to the sustainable production of these animals.

**Keywords:** animal welfare, climate forecasting, heat stress, modeling

Recibido: 22 de diciembre de 2023

Aceptado: 02 de abril de 2024

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del artículo.

**Declaración de contribución de autoría CRediT:** J.O. Serrano: **Conceptualización, Investigación, Redacción - documento original.** J. Martínez-Melo: **Conceptualización, Investigación, Redacción - documento original.** Grethel L. Sieiro - Miranda: **Curación de datos, Investigación.** N. Fonseca: **Conceptualización, Redacción - documento original, Supervisión.** Ioan Rodríguez Santana: **Análisis formal, Redacción - documento original.** Aliana López Mayea: **Metodología.** F. Matos Pupo: **Curación de datos**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## Introducción

El cambio climático es un fenómeno determinante para la producción de alimentos, no solo en la actualidad, sino con vistas al futuro. Esto se explica por los efectos que ejerce en la biodiversidad agroproductiva y por las alteraciones y cambios que ocurren en los sistemas naturales. La agricultura en el siglo XXI se enfrenta al desafío de satisfacer las demandas de alimentos y, al mismo tiempo, cumplir con los objetivos de sostenibilidad (Nicholls y Altieri 2019). Las evidencias del calentamiento global durante las últimas décadas y las grandes posibilidades de mayor ocurrencia de eventos climáticos extremos son factores que, directa e indirectamente, afectan la pérdida de la capacidad productiva, los niveles productivos y la seguridad alimentaria (Casanova-Pérez et al. 2019).

La ovinocultura seguirá siendo un pilar importante en la producción ganadera mundial, (Ferguson et al. 2017 y Vera-Herrera et al. 2019). Según datos de la CEPAL y la UNICEF (2013), 98 millones de cabezas de ganado ovino dan empleo a 1.5 millones de personas en la Unión Europea. Cerca de 81 millones de ovinos hacen parte de los sistemas de producción pecuaria en América Latina y el Caribe y son un recurso importante para los habitantes y las economías locales. Cuba cuenta con 1 536 611 cabezas ovinas. En particular, Ciego de Ávila registra 53 403 en total. La existencia ovina se sustenta, fundamentalmente, en el oriente-centro. Alcanza, en esta parte del país, 87.06 % de la masa total (ONEI 2021).

Rojas-Downing et al. (2017) plantean que entre los factores que modifican la productividad del ganado ovino se encuentran el estrés que producen las condiciones medioambientales adversas, entre ellas el calor. El cambio climático aumenta la temperatura ambiental y cambia los patrones circunuales de lluvias en las diferentes regiones agroecológicas del mundo, derivados de las emisiones de los gases con efecto invernadero. El potencial productivo de las ovejas en las regiones tropicales se afecta, principalmente, por la exposición a altas temperaturas. Este es el fenómeno principal que amenaza la producción de alimentos de origen animal y, por consiguiente, la seguridad alimentaria (Sejian et al. 2017).

Con respecto al pronóstico de las condiciones climáticas futuras a partir de escenarios bioclimáticos, en la provincia Ciego de Ávila se han desarrollado trabajos dirigidos a la elaboración e interpretación de los escenarios bioclimáticos para el cultivo del plátano y el comportamiento de enfermedades en plantaciones de interés (Hernández-Mansilla et al. 2017 y Pérez et al. 2018). Estas investigaciones se han realizado desde diferentes posiciones y contextos. Sus resultados contribuyen a pronosticar y trazar estrategias para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos. Responden, además, a las acciones del estado cubano (Tarea Vida) para

enfrentar la crisis climática y representan una contribución directa a los esfuerzos que se realizan para garantizar la seguridad alimentaria.

Los trabajos diseñados con escenarios bioclimáticos han estado contextualizados en regiones, cultivos agrícolas de interés y plagas vegetales que los afectan. No obstante, a la importancia de estas investigaciones, no existen antecedentes de su aplicación en los sistemas de producción animal. Por ello, el objetivo del estudio fue interpretar escenarios bioclimáticos de bajas, medias y altas emisiones para 2030, 2050 y 2100 en sistemas de producción de ovinos en el territorio de Ciego de Ávila.

## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la provincia Ciego de Ávila, ubicada en la región central de la República de Cuba, con extensión superficial de 6971.64 km<sup>2</sup> y área de tierra firme de 6194.90 km<sup>2</sup>. Sus actividades económicas principales son la agrícola, ganadera, forestal y turística (De la Rosa et al. 2015). La provincia Ciego de Ávila se caracteriza por veranos muy calientes e inviernos cortos. Durante el año, generalmente la temperatura varía de 18 °C a 33 °C. Rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 36 °C con vientos del este al noreste, desde Cayo Coco hasta Júcaro. La humedad relativa promedio fluctúa de 72 a 85 % anualmente (Sorí-Gómez et al. 2014).

Se utilizó la distribución de las condiciones bioclimáticas del consejo popular de Modesto Reyes (municipio Ciego de Ávila) para un periodo de 45 años (1960-2004) y para un futuro a partir de salidas del Modelo Climático Regional PRECIS (Jones et al. 2016) para tres escenarios denominados rutas de concentración representativas (RCP, por sus siglas en inglés) 2.6 (van Vuuren et al. 2011), RCP 4.5 (Thomson et al. 2011) y RCP 8.5 (Riahi et al. 2011). Los datos se obtuvieron a partir de la información disponible del proyecto Superclima.

El período de referencia (1960-2004) quedó definido a partir del RCP histórico. Para los escenarios futuros (RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5), aunque se contemplan datos desde 2005 hasta 2099, se utilizó información a partir de 2021. Se analizó el comportamiento de las variables que influyen en el cálculo del ITH (índice de temperatura y humedad relativa). El análisis se cubrió a diferentes escalas (meses y años), con énfasis en los comportamientos correspondientes a 2030, 2050 y 2100.

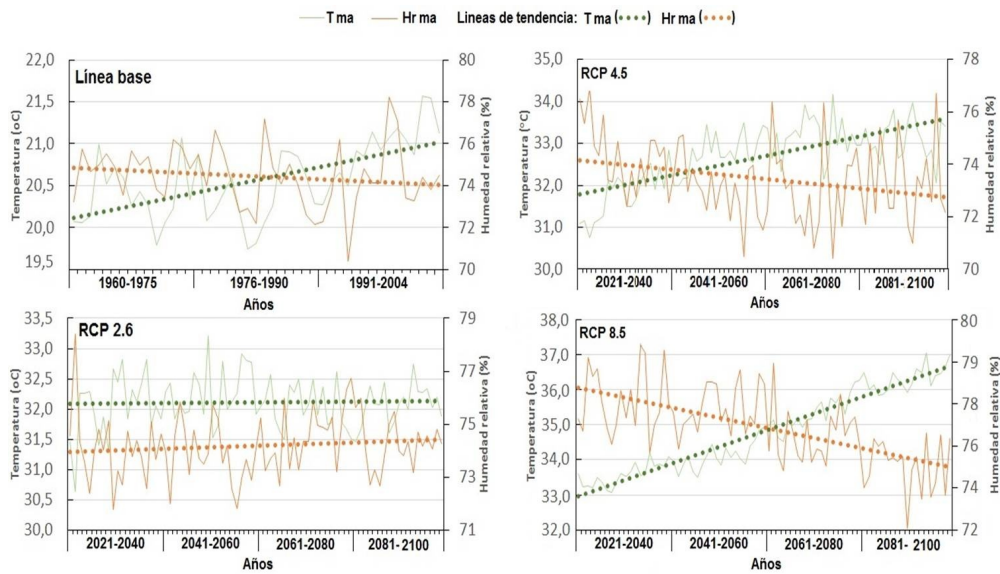
El dominio donde se ubica la zona objeto de estudio es un subdominio de la región centro, para la cual se corrió el modelo climático regional, con las coordenadas (21 52' 48.6'' N, 78 41'32.6'' W). Para la interpretación y análisis de los resultados, se consideraron los rangos fisiológicos de los indicadores vitales para los ovinos y los estudios de antecedentes del efecto del estrés por calor para esta especie.

### Resultados

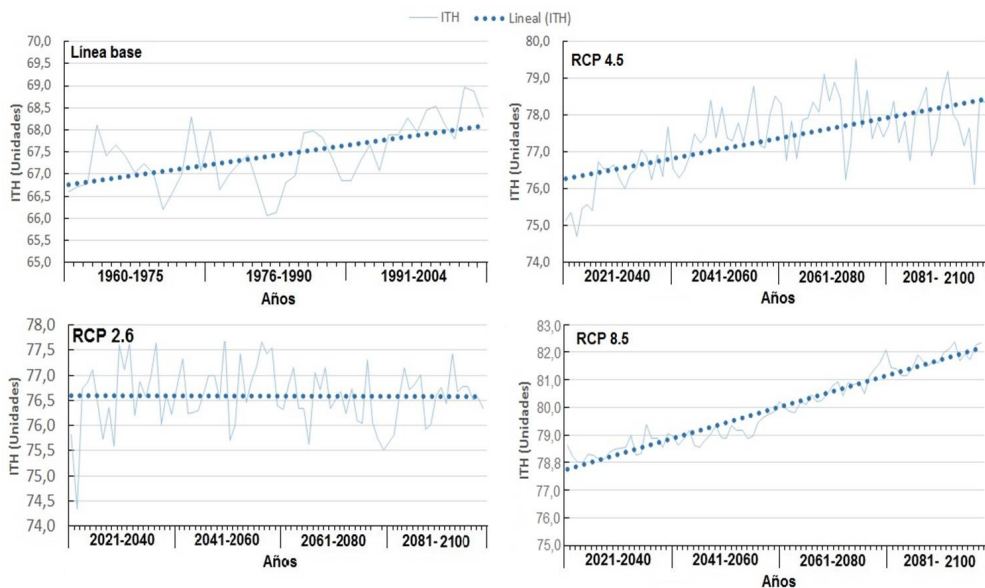
La predicción de TA (temperatura ambiente) y la HR (humedad relativa) para la línea base (1960-2004) y para los escenarios hasta el 2100 se muestra en la **figura 1**. Se pudo ver que, de forma general, la tendencia de la temperatura es a aumentar, mientras la de la humedad es a disminuir. La línea base mostró valores que oscilan entre 20 y 21 °C para la TA y de 75.5 a 72 % para la HR, lo que genera un ITH entre 66 y 68 u (**figura 2**). En los escenarios futuros, para el RCP 2.6, la temperatura mantendrá un valor estable de 32 °C y la humedad oscilará entre 74 y 74.5 %, para el RCP 4.5. La temperatura aumentará progresivamente desde

los 31.7 hasta los 33.5 °C y la HR oscilará entre 72.7 y 74.2 %, generando ITH desde los 76.4 hasta 78.5 u. El escenario 8.5 pronostica el mayor deterioro con valores de ITH superiores a los 78 u, los que superan los 82 u cercanos al año 2100.

El análisis del comportamiento mensual de las variables TA y HR, para la línea base y los escenarios RCP 2.6, 4.5 y 8.5, se especificó en los años 2030 (**figura 3**), 2050 (**figura 5**) y 2100 (**figura 7**). Las **figuras 4, 6 y 8** muestran el comportamiento mensual del ITH, la línea base y los escenarios RCP 2.6, 4.5 y 8.5 para 2030, 2050 y 2100, respectivamente.



**Figura 1.** Tendencia de las variables temperatura y humedad relativa (línea base y escenarios futuros)



**Figura 2.** Tendencia del ITH (línea base y escenarios futuros)

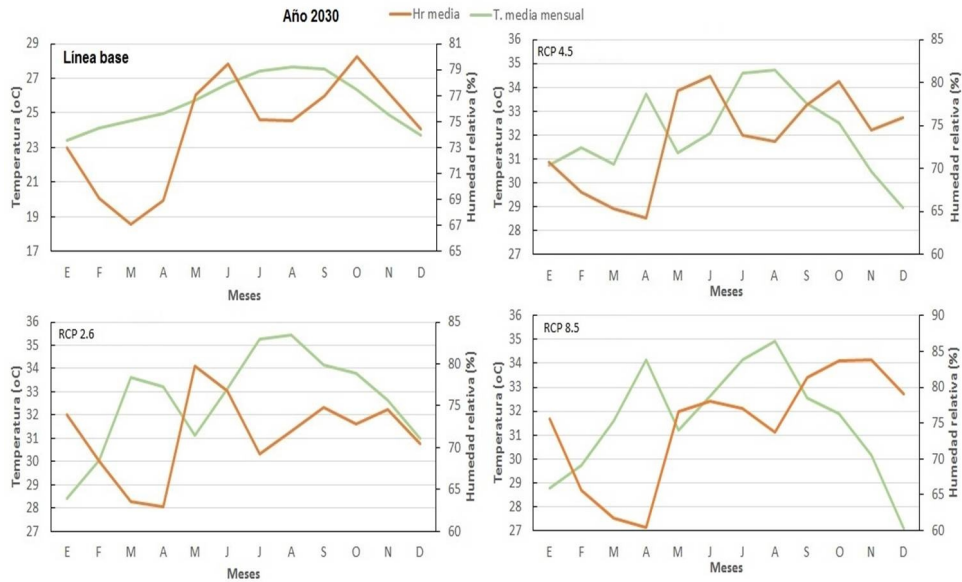


Figura 3. Comportamiento mensual de las variables temperatura y humedad relativa (línea base y escenarios 2030)

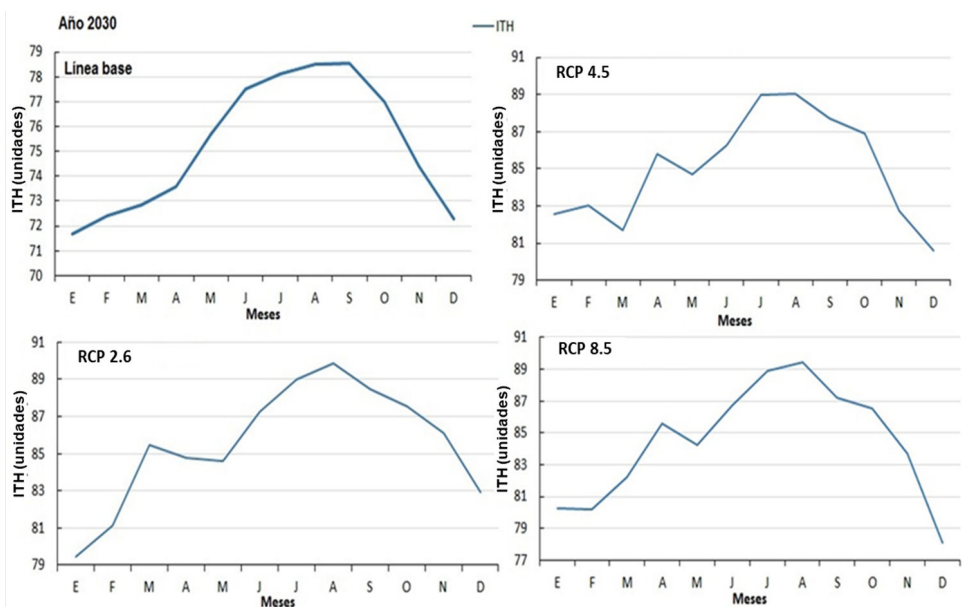


Figura 4. Comportamiento mensual del ITH (línea base y escenarios 2030)

En 2030 (figura 3), según un escenario RCP 2.6, la temperatura oscilará entre 28.5 y 35.5 °C, siendo julio y agosto los meses de más altas temperaturas. La humedad oscilará entre los 60.5 y 80 %. Para un escenario RCP 4.5, la temperatura alcanzará picos de 34.9 °C en julio y agosto, manteniéndose en valores de 29 y 30.9 °C, y la humedad entre 64.5 a 75.5 %. Los RCP 8.5 pronostican temperaturas de 28 a 36.2 °C y los picos sostenidos abarcarán julio, agosto y septiembre. Los valores de ITH en el año 2030, generados para escenario RCP 2.6, 4.5 y 8.5 (figura 4), alcanzarán las 89.5, 89 y 92 u en julio y agosto, respectivamente.

El comportamiento de las variables TA y HR para el año 2050 (figura 5) muestra para un RCP 2.6 que la temperatura tendrá valores sostenidos superiores a los 32 °C durante todos los meses, que alcanzará en julio 35.5 °C. La humedad estará entre 63 y 83 %. Para un escenario RCP 4.5, la temperatura oscilará entre 31 y 35.9 °C y se mantendrá con valores superiores a los 34 °C desde abril y hasta septiembre, con humedad entre 64 y 84 %. En el caso del escenario RCP 8.5, la temperatura variará entre 30 y 39 °C, con valores superiores a los 37 °C desde mayo y hasta septiembre, y la humedad entre 65 y 86 %. El comportamiento de las variables antes descritas entre julio y septiembre generará



valores de ITH, en el 2050 de 90, 90 y 91.2 u para los RCP 2.6, 4.5 y 8.5, respectivamente (figura 6).

Para el año 2100, el comportamiento de las variables temperatura y humedad se muestra en la figura 7. Para el RCP 2.6, los valores de temperatura oscilarán entre 29 y 35 °C, con valores sostenidos superiores a 34 °C desde julio a octubre. La humedad se hallará entre 73 y 83 %. En los RCP 4.5, los valores de temperatura oscilarán de

30 a 36.8 °C con cifras sostenidas, superiores a 34 °C desde junio a noviembre. La humedad estará entre 63 y 83 %. Para el RCP 8.5, los valores de temperatura fluctuarán de 32 a 39.6 °C, con valores inferiores a 34 °C solamente en diciembre. En tanto, la humedad variará entre 65.2 y 85 %. El comportamiento de las variables descritas entre mayo y octubre de 2100 genera valores de ITH de 89.91 y 95.2 u para los RCP 2.6, 4.5 y 8.5, respectivamente (figura 8).

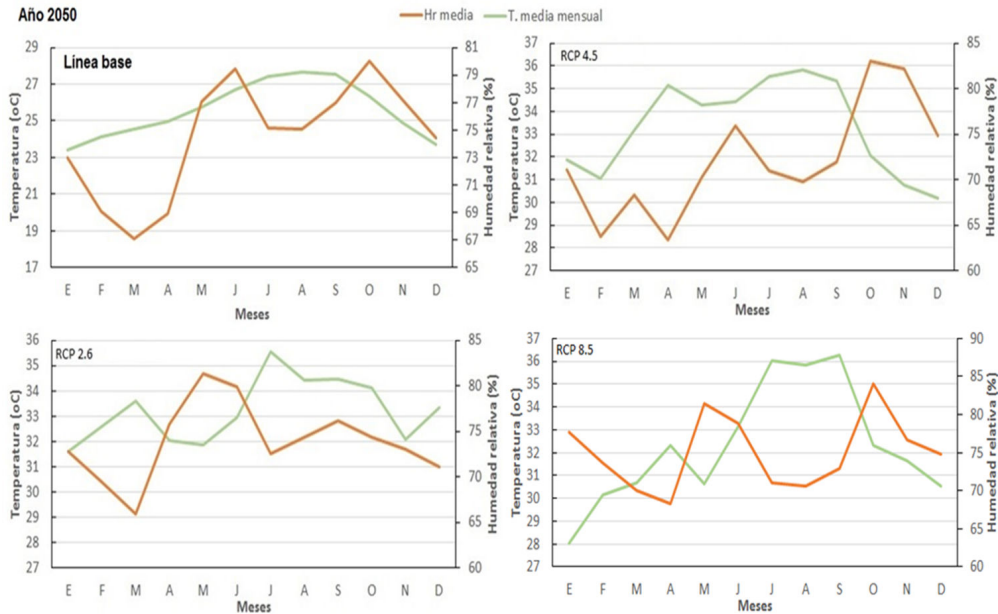


Figura 5. Comportamiento mensual de las variables temperatura y humedad relativa (línea base y escenarios 2050)

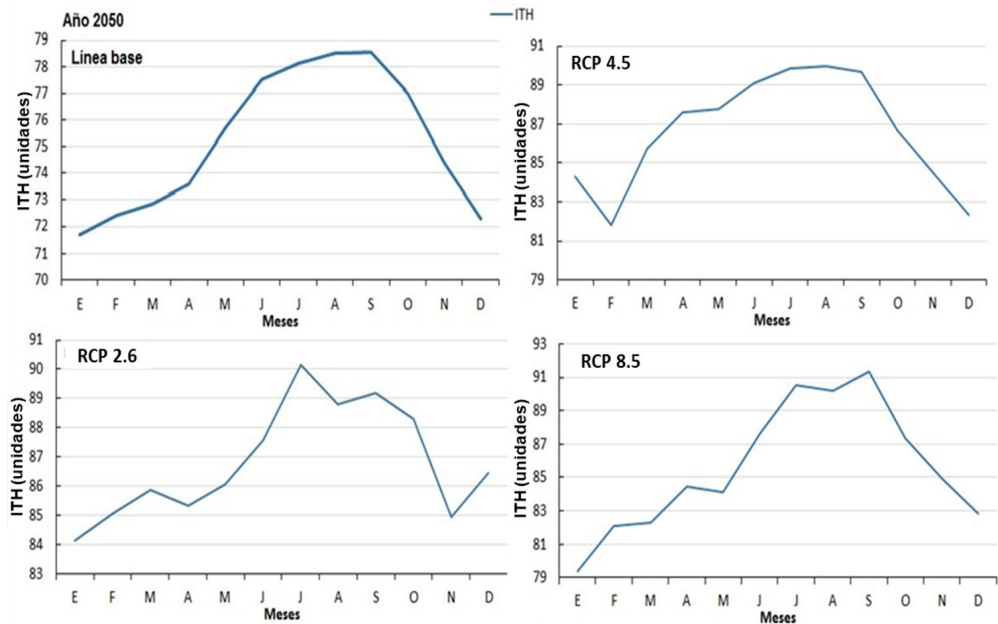


Figura 6. Comportamiento mensual del ITH (línea base y escenarios 2050)

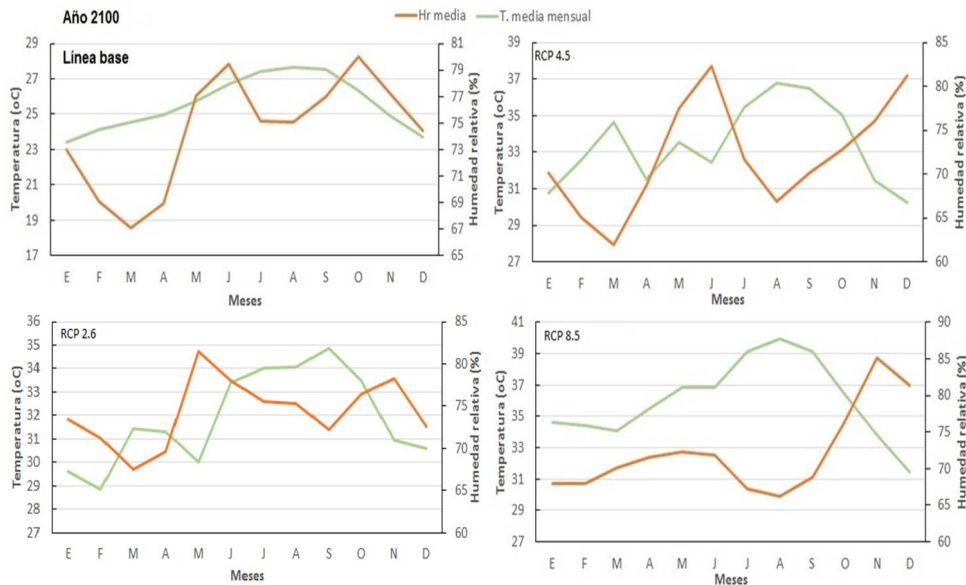


Figura 7. Comportamiento mensual de las variables temperatura y humedad relativa (línea base y escenarios 2100)

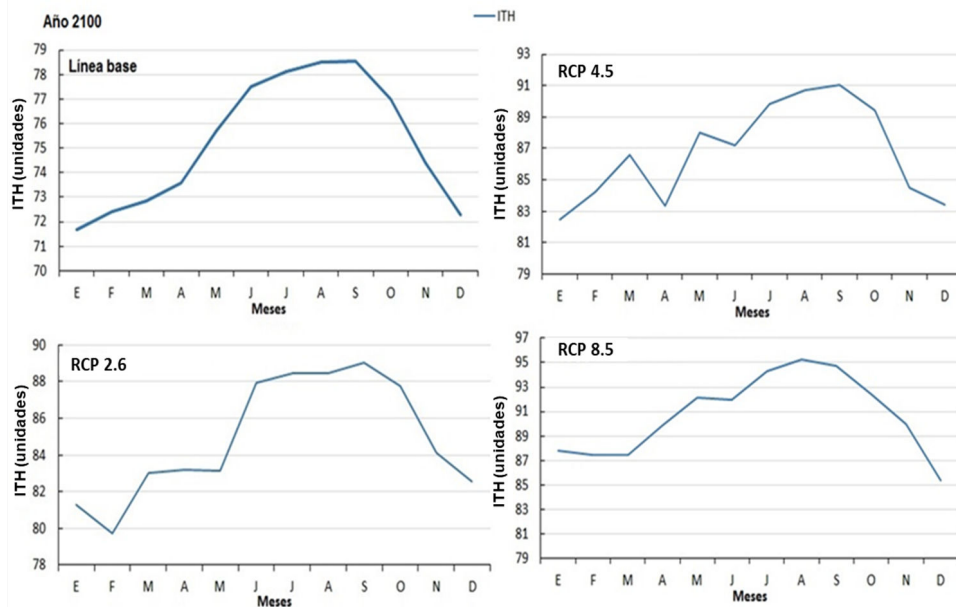


Figura 8. Comportamiento mensual del ITH (línea base y escenarios 2100)

### Discusión

Los valores estimados para los escenarios elaborados coinciden con estudios realizados con anterioridad. Karmalkar *et al.* (2013) y Rodríguez De Luque *et al.* (2016), en trabajos sobre el cambio climático en el Caribe, y en investigaciones de la CEPAL (2018), desarrolladas particularmente en Cuba, sugieren que la temperatura del aire podría aumentar y las precipitaciones disminuir a finales del siglo XXI, especialmente durante el período

lluvioso. Según Schewe *et al.* (2014), la tendencia global es al aumento de la temperatura del aire y las modificaciones en las precipitaciones.

De acuerdo con informes de Pérez *et al.* (2018), se estiman cambios a nivel global en el comportamiento de diferentes variables meteorológicas y mayor frecuencia de eventos extremos. En particular, el incremento probable de la temperatura entre 1.8 y 4.0 °C, podría llegar hasta 6.4 °C para el año 2100 (con respecto a 1980-1999).

Sin embargo, en el quinto informe del IPCC (2014), a partir de la utilización de escenarios RCP, los resultados indican la probabilidad de que la temperatura promedio global en la superficie se incremente entre 0.6 °C y 4.5 °C (con respecto al período 1986-2005) para finales de este siglo. En resumen, el calentamiento global y la magnitud del cambio climático proyectado dependen del escenario de emisiones que se considere.

La interpretación de los escenarios bioclimáticos descritos anteriormente permite plantear que existirán condiciones favorables para el desarrollo de estrés por calor en ovinos en áreas de Ciego de Ávila, fundamentalmente por el aumento de temperatura a causa de los cambios climáticos. Según Pereira *et al.* (2014), la zona de confort térmico para ovejas varía de 15 a 30 °C y la temperatura crítica superior es a partir de 35 °C, aunque Reyes *et al.* (2018) consideran este estado a partir de 39.1 °C.

Para Oliveira *et al.* (2013), quienes observaron mayor intensidad de pastoreo en ovejas Santa Inés, relacionada con las mejores condiciones atmosféricas, la primera manifestación que mostrarán los ovinos es en la conducta en pastoreo, con la reducción del consumo de pastos. López *et al.* (2015) refieren que en respuesta al estrés por calor en el ganado ovino se reduce la ingesta de alimentos. Estos resultados coinciden con lo informado por De la Rosa *et al.* (2017) y Solórzano-Montilla *et al.* (2018), quienes refieren que cuando los valores de temperatura son altos, los animales disminuyen considerablemente el consumo y permanecen más tiempo en descanso y rumia.

Otros aspectos de la fisiología animal pueden experimentar afectaciones con las condiciones pronosticadas, como la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria. Seixas *et al.* (2017) plantean que las condiciones ambientales pueden comprometer el mantenimiento de la temperatura corporal. Las condiciones de estrés calórico provocarán en los ovinos la activación de mecanismos de defensa para el mantenimiento de la temperatura corporal,

Las mediciones de frecuencia respiratoria se utilizan ampliamente para evaluar el estrés por calor. El aumento de este indicador es el primer mecanismo de control para las ovejas en entornos de estrés por calor. Habeeb *et al.* (2018) hallaron variaciones en la frecuencia respiratoria como respuesta a los cambios en la temperatura ambiente y el ITH, ambos registrados durante el día. Seixas *et al.* (2017) refieren que las variables fisiológicas aumentaron con el incremento en la temperatura durante el transcurso del día, en condiciones de estrés calórico como de termoneutralidad. Otros autores han informado aumento de la frecuencia respiratoria en respuesta al incremento de la temperatura. Así lo indican Srikandakumar *et al.* (2003) en un estudio con ovejas Omaníes y Merinas y Romero *et al.* (2013) con

Pelibuey. Macías-Cruz *et al.* (2016) lo reafirman en trabajos con Dorper x Pelibuey.

Las condiciones descritas en los escenarios elaborados pronostican valores de ITH desde 76.4 hasta 78.5 u, incluso para los de bajas emisiones. Para escenarios de medias y altas, se alcanzarán cifras de ITH desde 75 hasta superiores a los 80 u, condiciones estresantes para los animales, incluidos los ovinos. Marai *et al.* (2007) propusieron una escala indicativa del grado de estrés por calor que experimentan las ovejas. De acuerdo con esta categorización, THI entre 82 y 84 u es indicativo de estrés por calor.

El comportamiento mensual para los años estudiados coincide en presentar picos de ITH en junio, julio y agosto, con valores que oscilan en el escenario de bajas emisiones entre 89 y 90 u. Para escenarios de medias y altas, se ubican desde 89 hasta 95 u. Neves *et al.* (2009) destacaron que las ovejas de pelo comienzan a experimentar estrés por calor cuando el ITH está entre 78 y 79 u. Asimismo, López *et al.* (2015) observaron que las ovejas de pelo comienzan a experimentar estrés por calor, cuando el ITH es superior a 72 u. Los ovinos, según el pronóstico de los escenarios elaborados, enfrentarán condiciones de estrés severo.

A pesar de las valoraciones realizadas en atención a los escenarios bioclimáticos en sus diferentes escenarios de emisión RCP 2.6, 4.5 y 8.5 para 2030, 2050 y 2100, y al considerar los indicadores del método empleado, es importante reflexionar sobre el efecto que puede ejercer el sistema de crianza, tipo de pastoreo e incorporación del componente arbóreo en algunas de las modalidades de sistemas silvopastoriles. La presencia de sombra puede llegar a generar un ambiente favorable a las condiciones de pastoreo (Aengwanich *et al.* 2011, Barragán-Hernández *et al.* 2015, López *et al.* 2015 y Lins *et al.* 2021).

Independientemente de las interpretaciones de los escenarios bioclimáticos, el hecho de que no existan en el futuro condiciones favorables para el desarrollo de sistemas de producción de ovinos para 2030, 2050 y 2100 por el efecto del cambio climático, diversos estudios coinciden en plantear la importancia de la sombra natural y los sistemas silvopastoriles como una de las alternativas para mitigar el efecto negativo de las condiciones ambientales adversas (Vieira *et al.* 2021).

En un ambiente que se afecta cada vez más por condiciones desfavorables (altas temperaturas y humedad relativa), la introducción de árboles es una de las vías para transformar el microclima, de manera que sea adecuado para la producción de rumiantes y contribuya al bienestar animal (López-Vigoa *et al.* 2017). Esto se traduce en la regulación de la radiación solar, que incide directamente en los animales en pastoreo y favorece el bienestar térmico (Sousa *et al.* 2015).

## Conclusiones

Los escenarios bioclimáticos pronosticados, bajas, medias y altas emisiones para 2030, 2050 y 2100, dejan ver que las condiciones ambientales futuras serán desfavorables para los sistemas en pastoreo. El pronóstico describe que las variables climáticas alcanzarán valores desencadenantes de estrés por calor en ovinos, los que se intensifican según el tipo de escenario predicho. Estos resultados aportan información para reordenar los sistemas de producción de ovinos con vistas a enfrentar el cambio climático.

## Referencias

- Aengwanich, W., Kongbuntad, W. & Boonsorn, T. 2011. Effects of shade on physiological changes, oxidative stress, and total antioxidant power in Thai Brahman cattle. *International Journal of Biometeorology*, 55(5): 741-748, ISSN: 1432-1254. <http://doi.org/10.1007/s00484-010-0389-y>.
- Barragán-Hernández, W.A., Mahecha-Ledesma, L. & Cajas-Girón, Y.S. 2015. Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2): 211-223, ISSN: 2215-3608. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19277>.
- Casanova-Pérez, L., Martínez-Dávila, J.P. & García-Alonso, F. 2019. Comunicación del cambio climático y generación de capacidades adaptativas entre los agricultores del trópico subhúmedo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7): 1627-1639, ISSN: 2007-9230. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1795>.
- CEPAL, N. 2018. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: reconstrucción histórica y proyecciones del efecto del cambio climático sobre el oleaje en la costa de Cuba. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL, N. & UNICEF. 2013. Desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Seguimiento de la agenda de las Naciones Unidas para el desarrollo post-2015 y Río+ 20.
- De la Rosa, L.A., De la Rosa, Y.F., Hernández, D.B., Lemes, M.M., Beltrán, M.G., Socarras, Y.P. & Flores, F.A.C. 2015. Aproximación a una mirada sociodemográfica de la provincia de Ciego de Ávila. *Novedades en Población*, 10(19): 66-74, ISSN: 1817-4078.
- Ferguson, D.M., Fisher, A., Colditz, I.G. & Lee, C. 2017. Future challenges and opportunities in sheep welfare. En: *Advances in Sheep Welfare*, (ed)^(eds). Elsevier, 285-293 pp.
- Habeeb, A.A., Gad, A.E. & Atta, M.A. 2018. Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1(1): 35-50, ISSN: 2639-4529. <https://doi.org/10.18689/IJBR-1000107>.
- Hernández-Mansilla, A., Sori-Gómez, R. & Benedico-Rodríguez, O. 2017. Escenarios bioclimáticos de tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en Ciego de Ávila, Cuba. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 21(2): 1-14, ISSN: 1853-4961. <https://doi.org/10.37066/ralap.v21i2.275>
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. [https://epic.awi.de/id/eprint/37530/1/IPCC\\_AR5\\_SYR\\_Final.pdf](https://epic.awi.de/id/eprint/37530/1/IPCC_AR5_SYR_Final.pdf).
- Jones, J.J., Stephenson, T.S., Taylor, M.A. & Campbell, J.D. 2016. Statistical downscaling of North Atlantic tropical cyclone frequency and the amplified role of the Caribbean low-level jet in a warmer climate. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(8): 3741-3758, ISSN: 2169-8996. <https://doi.org/10.1002/2015JD024342>.
- Karmalkar, A.V., Taylor, M.A., Campbell, J., Stephenson, T., New, M., Centella, A., Benzanilla, A. & Charley, J. 2013. A review of observed and projected changes in climate for the islands in the Caribbean. *Atmósfera*, 26(2): 283-309, ISSN: 2395-8812. [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(13\)71076-2](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71076-2).
- Lins, J.G.G., Rodrigues, S.D., Albuquerque, A.C.A. & de Souza Marques, A.V.M. 2021. Role of integrated crop-livestock system on amelioration of heat stress on crossbred Brazilian sheep in semiarid region of northeastern Brazil. *Small Ruminant Research*, 204: 106513, ISSN: 0921-4488. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106513>.
- López, R., Pinto-Santini, L., Perozo, D., Pineda, J., Oliveros, I., Chacón, T., Rossini, M. & de Álvarez, L.R. 2015. Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin acceso a sombra artificial. *Archivos de zootecnia*, 64(246): 139-146, ISSN: 1885-4494. <https://doi.org/10.21071/az.v64i246.388>.
- López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J.M., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J. & Milera-Rodríguez, M.d.l.C. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 40(2): 83-95, ISSN: 2078-8452.
- Macías-Cruz, U., López-Baca, M., Vicente, R., Mejía, A., Álvarez, F., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C., Mellado, M., Guerra-Liera, J. & Avendaño-Reyes, L. 2016. Effects of seasonal ambient heat stress (spring vs.



- summer) on physiological and metabolic variables in hair sheep located in an arid region. *International Journal of Biometeorology*, 60(8): 1279-1286, ISSN: 1432-1254. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1123-6>.
- Marai, I., El-Darawany, A., Fadiel, A. & Abdel-Hafez, M. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep - a review. *Small Ruminant Research*, 71(1-3): 1-12, ISSN: 0921-4488. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>.
- Neves, M.L.M.W., de Azevedo, M., da Costa, L.A.B., Guim, A., Leite, A.M. & Chagas, J.C. 2009. Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, 31(2): 169-175, ISSN: 1807-8672. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i2.3766>.
- Nicholls, C.I. & Altieri, M.A. 2019. Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1): 55-61, ISSN: 1659-441X.
- Oliveira, F.A.d., Turco, S.H., de Araújo, G.G., Clemente, C.A., Voltolini, T.V. & Garrido, M.S. 2013. Comportamento de ovinos da raça Santa Inês em ambientes com e sem disponibilidade de sombra. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17: 346-351, ISSN: 1807-1929. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000300015>.
- ONEI, Oficina Nacional de Estadística e Información. 2021. Anuario estadístico de Cuba. Existencia de ganado menor. Distribución de la tierra del país y su Utilización por provincias, en Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. <http://www.onei.gob.cu/node/16275>.
- Pereira, A.M., Bonifácio, A.M.R., dos Santos, C.V., da Silva, I.A., e Silva, T.P.D., Sousa, K.R.S., Gottardi, F.P., Marques, C.A.T. & da Costa Torreão, J.N. 2014. Thermoregulatory traits of native sheep in pregnancy and supplemented in grazing system. *Journal of Agricultural Science*, 6(9): 113-119, ISSN: 1916-9760. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n9p113>.
- Pérez, Y.V., Mansilla, A.A.H., Gómez, R.S., Mayea, A.L., Montenegro, R.V. & Sánchez, J.D.A. 2018. Fitófagos de banano y plátano bajo condiciones de cambio climático en Cuba. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2): 141-157, ISSN: 2215-3896. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-2.8>.
- Reyes, J., Herrera, M., Marquina, J. R., Enjoy, D. D., & Pinto-Santini, L. 2018. Ambiente físico y respuestas fisiológicas de ovinos bajo sombra en horas de máxima radiación. *Archivos de zootecnia*, 67(259): 318-323, ISSN: 1885-4494.
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N. & Rafai, P. 2011. RCP-8.5- A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109(1-2): 33-57, ISSN: 1573-1480. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0149-y>.
- Rodríguez De Luque, J.J., González-Rodríguez, C.E., Gourджи, S., Mason-D' Croz, D., Obando-Bonilla, D., Mesa-Diez, J. & Prager, S.D. 2016. Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78): 11-34, ISSN: 2215-7727. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdri3-78.iscc>.
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T. & Woznicki, S.A. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16: 145-163, ISSN: 2212-0963. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>.
- Romero, R.D., Pardo, A.M., Montaldo, H.H., Rodríguez, A.D. & Cerón, J.H. 2013. Differences in body temperature, cell viability, and HSP-70 concentrations between Pelibuey and Suffolk sheep under heat stress. *Tropical Animal Health and Production*, 45(8): 1691-1696, ISSN: 1573-7438. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0416-1>.
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N.W., Clark, D.B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B.M. & Colón-González, F.J. 2014. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3245-3250, ISSN: 1091-6490. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1222460110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1222460110).
- Seixas, L., de Melo, C.B., Tanure, C.B., Peripolli, V. & McManus, C. 2017. Heat tolerance in Brazilian hair sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(4): 593, ISSN: 1976-5517. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0191>.
- Sejian, V., Kumar, D., Gaughan, J.B. & Naqvi, S.M. 2017. Effect of multiple environmental stressors on the adaptive capability of Malpura rams based on physiological responses in a semi-arid tropical environment. *Journal of Veterinary Behavior*, 17: 6-13, ISSN: 1558-7878. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.10.009>.
- Solórzano-Montilla, J., Pinto-Santini, L., Camacaro-Calvete, S., Vargas-Guzmán, D. & Ríos-de Álvarez, L. 2018. Effect of the presence of shade in sheep grazing areas. 2. Animal activity. *Pastos y Forrajes*, 41(1): 41-49, ISSN: 2078-8452.
- Sorí-Gómez, R., Hernández-Mansilla, A.A., López-Mayea, A., Benedico-Rodríguez, O. Córdova-García, O.L. & Ávila-Espinosa, M. 2014. Pronóstico climático mensual de la temperatura en Ciego de Ávila. Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 15(1): 23-35, ISSN: 1729-3790.
- Sousa, L., Maurício, R., Paciullo, D., Silveira, S., Ribeiro, R., Calsavara, L., Moreira, G. 2015. Forage intake, feeding behavior and bio-climatological indices of pasture grass, under the influence of trees, in a silvopastoral system. *Tropical Grasslands-Forrajes*

- Tropicales*, 3(3): 129-141, ISSN: 2346-3775. [https://doi.org/10.17138/tgft\(3\)129-141](https://doi.org/10.17138/tgft(3)129-141).
- Srikandakumar, A., Johnson, E. & Mahgoub, O. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Ruminant Research*, 49(2): 193-198, ISSN: 0921-4488. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00097-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00097-X).
- Thomson, A.M., Calvin, K.V., Smith, S.J., Kyle, G.P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M.A. & Clarke, L.E. 2011. RCP4. 5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109(1): 77-94, ISSN: 1573-1480. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0151-4>.
- Van Vuuren, D., Stehfest, E., den Elzen, M., Kram, T., van Vliet, J., Deetman, S., Isaac, M., Goldewijk, K., Hof, A., Beltran, A.M., Oostenrijk, R. & van Ruijven, B. 2011. RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. *Climatic Change*, 109: 95-116, ISSN: 1573-1480. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0152-3>.
- Vera-Herrera, I.Y., Ortega-Cerrilla, M.E., Herrera-Haro, J.G. & Huerta-Jiménez, M. 2019. Bienestar en ovinos y su evaluación. *AgroProductividad*, 12(9): 67-73, ISSN: 2594-0252.
- Vieira, F.M.C., Pilatti, J.A., Czekoski, Z.M.W., Fonsêca, V.F., Herbut, P., Angrecka, S., de Souza Vismara, E., de Paulo Macedo, V., dos Santos, M.C.R. & Paśmionka, I. 2021. Effect of the Silvopastoral System on the Thermal Comfort of Lambs in a Subtropical Climate: A Preliminary Study. *Agriculture*, 11(8): 790, ISSN: 2077-0472. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080790>.