



Zonificación climática del municipio Mayarí a partir del índice de Lang

Climate zoning of Mayarí municipality based on Lang index

 Roberto Alejandro García-Reyes^{1*},  María Elena Pérez-Ruiz²,
 Juan Alejandro Villazón-Gómez³,  Mirna Cruz-Pérez⁴

¹Ministerio de la Agricultura, Departamento Provincial de Suelos en Holguín. Código Postal: 80100, Holguín, Cuba.

²Universidad Agraria de la Habana, Facultad de Ciencias Técnicas. Código Postal: 327000. San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

³Universidad de Holguín, Centro de Estudios para Agro ecosistemas Áridos. Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias. Código Postal: 80100. Holguín, Cuba.

⁴Universidad de Holguín, Departamento de Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias. Código Postal: 80100. Holguín, Cuba.

RESUMEN: La investigación tuvo como objetivo la zonificación climática del municipio Mayarí, mediante el empleo del índice de Lang estimado a partir de datos de una estación meteorológica y del WorldClim 2. Se utilizaron las imágenes mensuales de precipitación y temperatura promedio que proporciona el WorldClim 2, con una resolución espacial de 30 segundos en el sistema de coordenadas WGS 1984 EPSG: 4326. Las imágenes se procesaron en el software ArcGIS 3.10 y en la opción *Raster Calculator* se obtuvo el Índice de Lang. Para la extracción de los valores se realizó una representación de 40 puntos aleatorios que abarcaron toda la región en estudio, separados a una distancia de 10 km. Se determinó mediante regresión lineal en el software STATGRAPHICS Plus 5.0; la relación entre Índice de Lang estimado por WorldClim 2 y el calculado con datos de la estación meteorológica de Guaro, ubicada en el municipio Mayarí. El uso del WorldClim 2 mostró la existencia de tres zonas climáticas (áridas, semiáridas y semi húmeda). Su estimación tuvo una alta determinación y correlación para los valores calculados de dicho índice, lo cual le permite ser utilizada en territorios donde existe un bajo número de estaciones meteorológicas para la toma de datos climáticos.

Palabras clave: zonificación, clima, suelo.

ABSTRACT: The objective of the research was the climatic zoning of the Mayarí municipality; Lang Index was the estimation by use of data from meteorological station and WorldClim 2. The monthly images of precipitation and average temperature provided by WorldClim 2 were used with a spatial resolution of 30 seconds in the system of WGS 1984 EPSG coordinates: 4326. The images were processed in ArcGIS 3.10 software; and in the Raster Calculator option, the Lang Index was obtained. For the extraction of the values, a representation of 40 random points was made that covered the entire region under study, separated at a distance of 10 km. It was determined by linear regression in the STATGRAPHICS Plus 5.0 software; the relationship between Lang Index estimated by WorldClim 2 and that calculated with data from the Guaro meteorological station located in Mayarí municipality. The use of WorldClim 2 showed the existence of three climatic zones (arid, semi-arid and semi-humid). Its estimation had a high determination and correlation for the calculated values of said index, which allows it to be used in territories where there is a low number of meteorological stations for taking climatic data.

Key word: climate zoning, soil.

*Autor para correspondencia: ralejandro9409@gmail.com

Recibido: 10/05/2021

Aceptado: 08/01/2022

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

Las características que definen los climas son resultado del funcionamiento del sistema climático y reflejan la influencia de los distintos componentes que actúan en conjunto sobre él. En el estudio de su comportamiento, distribución y evolución, se analizan diferentes elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, viento, presión atmosférica, humedad) referidos a distintos rangos e intervalos temporales, que pueden ser considerados de forma aislada o combinada. En este último caso, el acoplamiento de los valores dados para un lugar, define la naturaleza de su clima. Estas combinaciones conducen a parámetros e índices más o menos complejos, cuyos valores son utilizados para establecer tipos climáticos (1).

Richard Lang en 1915 presentó una clasificación climática basada en el volumen de la precipitación anual (acumulada), expresada en milímetros y la temperatura promedio, en grados Celsius. El cociente del primer parámetro entre el segundo es el denominado Índice de Lang, a partir del cual se obtienen seis tipos de clima. En la actualidad, este índice se utiliza ampliamente como una medida del grado de aridez de una región, más que como un sistema de clasificación climática.

La aridez es una de las mayores afectaciones que se presentan en los países tropicales por la presencia de anticiclones estables o como efecto de la continentalidad, aunque, en algunos casos, es consecuencia de barreras montañosas, que impiden el paso o la llegada de corrientes de aire húmedo. Su determinación facilita el manejo del concepto de aridez, sobre todo en momentos de planeación y manejo de recursos naturales, principalmente, del recurso agua (2).

En el ámbito de la planificación agrícola, la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas empleadas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura, la misma tiene como objetivo otorgar espacios a cultivos, atendiendo a sus exigencias edafoclimáticas para garantizar, en gran medida, el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de los mismos (3).

Para analizar climáticamente un área es necesario tener información de estaciones meteorológicas, distribuidas de manera equidistante y con una serie de tiempo superior o igual a 30 años. La escasez de estos datos genera inconvenientes al momento de caracterizar el clima de una región. Por tal motivo, se han desarrollado métodos indirectos de obtención de información, que son herramientas útiles para el estudio de una variable climática. Un factor a considerar en los estudios climáticos de una región es la variación espacio-temporal de los elementos climáticos; en los trópicos, varían en cortas distancias, de acuerdo con la topografía y con otras condiciones. Los modelos climáticos actuales son no espaciales, pues se basan en el concepto de que un valor medido representa un área homogénea alrededor del punto evaluado (4,5).

A través de la validación de herramientas como imágenes satelitales, datos aeronavales, modelos numéricos, entre otros, se ha logrado obtener datos meteorológicos de largas series de tiempo para el estudio del impacto de la aridez, las intensas sequías y las altas temperaturas en la agricultura (6-8). Por las razones antes expuestas, la investigación que se presenta tiene como objetivo la zonificación climática del municipio Mayarí a partir del índice de Lang, estimado de datos de una estación meteorológica y WorldClim 2.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio Mayarí se encuentra ubicado en la provincia de Holguín, con una superficie de 1304,2 km². Posee una zona de relieve fundamental, altiplanicie de Nipe, donde se encuentra la meseta de Pinares de Mayarí y en ella aparece la mayor altura del municipio, la Loma "La Mensura", con 995 m. El territorio tiene varios lugares geográficos notables de la provincia y la nación, como la bahía de Nipe, que es la mayor bahía de bolsa del país. Presenta una red fluvial desarrollada, con un alto por ciento del potencial hidráulico de la provincia y abundante lluvia (9).

WorldClim 2 es una base de datos de alta resolución espacial de datos meteorológicos y climáticos, a nivel global y la versión más actualizada es del 13 de marzo de 2020. Las bases de datos que brinda el programa pueden ser descargadas en formato "zip", el cual contiene 12 imágenes "GeoTiff", una para cada mes del año. Es un sitio que reúne datos climáticos a nivel mundial con diferentes resoluciones espaciales, de 30 segundos (1 km²), a 10 minutos (340 km²) aproximadamente en la línea del Ecuador. Estos datos se encuentran en el sistema de coordenadas WGS 1984 EPSG: 4326 y pueden ser utilizados para crear mapas y modelado espacial con sistemas de información Geográfica (SIG). El conjunto de datos que proporciona WorldClim 2 se encuentra actualizado hasta el año 2018. En esta base de datos se incluyen las principales variables climáticas (temperatura máxima, media y mínima; precipitación; radiación solar; velocidad del viento y presión de vapor de agua), así como 19 variables bioclimáticas (10).

En el software ArcGIS 3.10, se determinó la zonificación climática del municipio Mayarí, a partir de imágenes del promedio de temperatura (°C) y precipitación (mm) obtenidas del WorldClim 2 y en la opción *Raster Calculator* se obtuvo el Índice de Lang, mediante la expresión utilizada en investigaciones anteriores (11). Para la extracción de los valores se realizó una representación de 40 puntos aleatorios que abarcaron toda la región en estudio, separados a una distancia de 10 km (Figura 1).

En el software STATGRAPHICS Plus 5.0 se realizó el análisis de regresión lineal con los valores obtenidos del cálculo del Índice de Lang que se obtienen de datos de temperatura y precipitaciones registrados en la estación meteorológica de Guaro, ubicada en los 75°46'55,458"W y

20°40'13,899"N municipio de Mayarí, en un período de tiempo que abarca desde el año 1980 hasta 2020.

Para la clasificación del Índice de aridez de Lang se utilizó la clasificación climática que se muestra en la **Tabla 1** (8).

Tabla 1. Clasificación climática de la aridez del Índice de Lang

Coefficiente	Clase de clima
0,0-20,0	Desértico
20,1-40,0	Árido
40,1-60,0	Semiárido
60,1-100,0	Semihúmedo
100,1-160	Húmedo
>160	Súper húmedo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Figura 2** se muestra la distribución espacio temporal de los factores climáticos relacionados con el índice de aridez. Los valores de temperatura mínimos y máximos observados, según el WorldClim 2, fueron de 19,50 a 26,54 °C, mientras que de precipitación fueron entre 1094,59 mm a 1733,19 mm. En otras investigaciones realizadas (12), para comparar tres modelos climáticos en Argentina, se utilizó el WorldClim como herramienta para el mapeo de la distribución de los datos de temperatura y precipitaciones, el cual tuvo un mejor ajuste para los valores de temperatura media.

En nuestro país se han realizado diversos estudios, que muestran las zonas del país más afectadas por la aridez, la porción Oriental, dado por largos períodos de sequía severa que han ocasionado valiosas pérdidas a la actividad agropecuaria (13), ya sea por el incremento acelerado de las temperaturas o por la deficiencia de las precipitaciones en el período lluvioso.

Para comprender el origen de los procesos de sequía en Cuba, hay que partir del hecho de que el clima, en las últimas décadas, ha experimentado notables alteraciones, como consecuencia de un elevado nivel de respuesta de la circulación atmosférica regional a los principales cambios del sistema climático ocurridos a escala global G, de acuerdo con las cuales, generan impactos muy desfavorables en los ámbitos económico, social y el medio ambiente (13).

La zonificación agroclimática de un territorio, los factores climáticos, sobre todo la lluvia, la evapotranspiración y la temperatura, tienen un papel vital en la determinación de zonas de idoneidad en condiciones de riego, especialmente, para recomendar el suministro de agua en cultivos de regadío, sin la atención o la necesidad de una gran cantidad de precipitación en el período de crecimiento (14).

La determinación del Índice de Lang a partir de mapas de precipitación y temperatura promedio del WorldClim 2 (**Figura 3**) arrojó que existen tres tipos de zonas climáticas en el municipio Mayarí; la primera zona climática árida, que abarca los valores del índice de aridez que se encuentran entre 20,1 y 40,0; la segunda, la zona climática

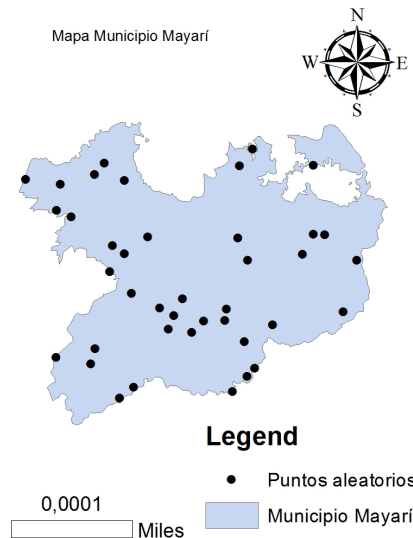


Figura 1. Municipio Mayarí con la representación de los puntos aleatorios tomados para la extracción de los valores en cada píxel de la imagen del WorldClim 2

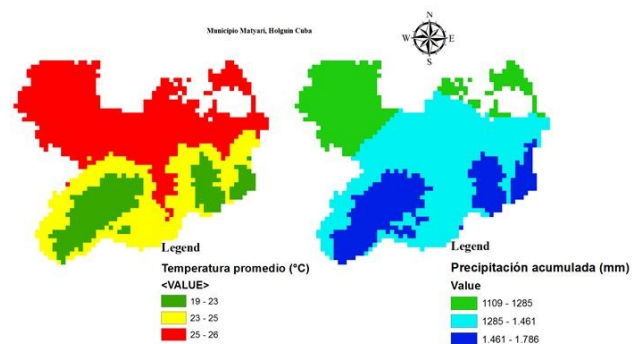


Figura 2. Distribución espacio temporal de la temperatura promedio y las precipitaciones acumuladas en el municipio Mayarí obtenidas del procesamiento de las imágenes en el WorldClim 2

semiárida con valores entre 40.1 y 60.0 y la tercera zona climática semi húmedo con índices entre 60,1 y 100,0.

Existen ejemplos de investigaciones donde utilizaron el WorldClim 2 en la obtención de modelos bioclimáticos para la adaptación futura de zonas productoras de arroz en Portugal, a partir de la información de temperatura y precipitación, obteniendo modelos de alta resolución en las cuadrículas analizadas y concluyen que esta actividad productiva pudiese tener impactos negativos en la región (15).

De acuerdo a lo ilustrado en la **Figura 4**, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables analizadas, el modelo explica un 89,89 % de la variabilidad en la estimación del índice de aridez mediante el WorldClim 2. El coeficiente de correlación (0,9481) indica una relación relativamente fuerte entre las variables, con un error medio absoluto de 2,4596 de los residuos. El estadígrafo Durbin-Watson para pruebas estadísticas refiere que los residuos determinan la correlación significativa basada en el orden de una significación menor que 0,05.

Según Bertziss *et al* (16), para realizar una adecuada validación de datos climáticos aportados por el WorldClim, es necesario contar con datos observados de estaciones meteorológicas que cuenten un período de 1970-2000, dado que los modelos climáticos globales del WorldClim cuentan con datos para el período en mención. En esta investigación, al utilizar datos climáticos del período que abarca desde 1980 hasta 2020 se obtuvieron valores de correlación y determinación significativos.

En otro estudio realizado, se encontró una alta correlación y determinación en pruebas estadísticas de los datos proporcionados por esta base de datos climáticos global, mediante el uso del índice de aridez de De Martonne, los cuales predicen el impacto potencial del cambio climático y provee información para desarrollar estrategias adaptables para ocuparse de un clima cambiante (17). Los resultados confirman que los modelos espaciales son, a menudo, más precisos cuando son más extensas las áreas de estudio (18).

CONCLUSIONES

- El uso del WorldClim 2 mostró la existencia de tres zonas climáticas en el municipio Mayarí (árido, semiárido y semihúmedo), según la clasificación climática del Índice de Lang, referida al estado de la aridez.
- Su estimación tuvo una alta determinación (89,8875) y correlación (0,9481) para los valores calculados de dicho índice, con datos de la estación meteorológica de Guaro, lo cual permite ser utilizada en territorios donde existe un bajo número de estaciones para la toma de datos climáticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández-Cerda ME, Ordoñez-Díaz M de J, Giménez-de Azcárate J. Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México. *Investigaciones geográficas*. 2018;(95):1-14. doi:10.14350/ig.57451
2. Alessandro O, Nyman P. Aridity indices predict organic matter decomposition and comminution processes at landscape scale. *Ecological Indicators*. 2017;78:531-40.
3. Pineda-Santos LD, Suárez-Hernández JE. Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2014;4(3):28-32.
4. Grove AT. Climatic classification: concepts for dry tropical environments. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Climatic classification: a consultants' meeting, 14-16 April 1980. 1980;1-5.
5. Ferrelli F, Bustos ML, Piccolo MC, Cisneros MAH, Perillo GME. Downscaling de variables climáticas a partir del reanálisis NCEP/NCAR en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Papeles de Geografía*. 2016;(62):21-33. doi:10.6018/geografia/2016/239051
6. Zhang Y, Qu H, Yang X, Wang M, Qin N, Zou Y. Cropping system optimization for drought prevention and disaster reduction with a risk assessment model in Sichuan

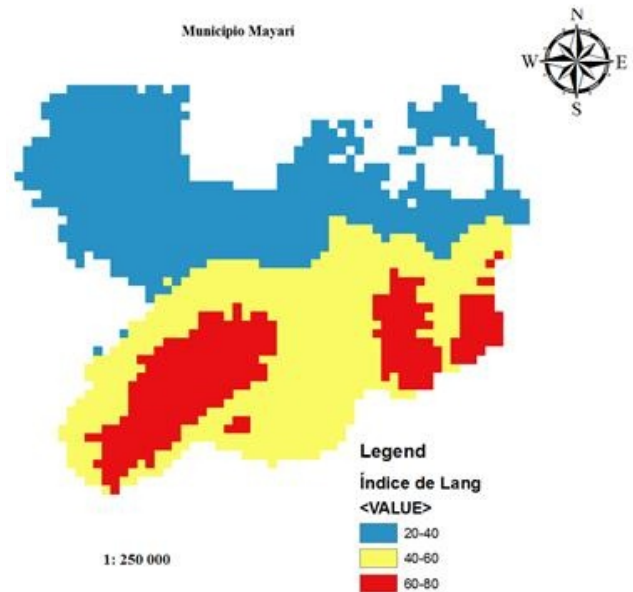


Figura 3. Índice de Lang para el municipio Mayarí determinado a partir de mapas de precipitación y temperatura promedio del WorldClim 2

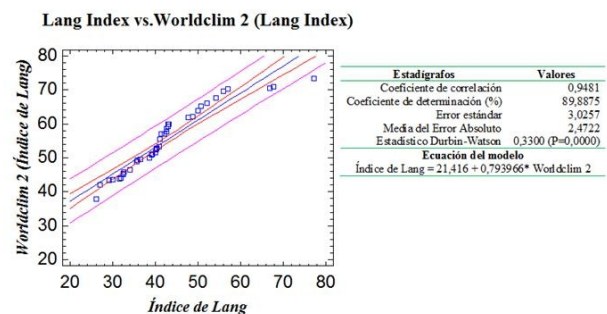


Figura 4. Análisis de regresión lineal del Índice de Lang, calculado a partir de datos meteorológicos y en el software ArcGIS 10.5 con imágenes del WorldClim 2

- Province. *Global Ecology and Conservation*. 2020;23:e01095. doi:10.1016/j.gecco.2020.e01095
7. Tsiros IX, Nastos P, Proutsos ND, Tsaousidis A. Variability of the aridity index and related drought parameters in Greece using climatological data over the last century (1900-1997). *Atmospheric Research*. 2020;240:104914. doi:10.1016/j.atmosres.2020.104914
8. Ferner J, Schmidlein S, Guuroh RT, Lopatin J, Linstädter A. Disentangling effects of climate and land-use change on West African drylands' forage supply. *Global Environmental Change*. 2018;53:24-38. doi:10.1016/j.gloenvcha.2018.08.007
9. ONEI. Anuario Estadístico de Mayarí 2018. Habana; 2019. 16 p.
10. Fick SE, Hijmans RJ. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 2017;37(12):4302-15. doi:https://doi.org/10.1002/joc.5086

11. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). Instructivo. Zonificación climática grupo interno de trabajo de levantamientos agrológicos. Cód. I40100-05/1 4.V1 [Internet]. 2014 p. 10. Available from: <https://repositorio.uho.edu.cu/bitstream/handle/uho/8854/Osman%20A%20Vel%C3%A1zquez%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Luján-Bustos M, Ferrelli F, Piccolo MC. Estudio comparativo de tres modelos climáticos en Argentina. 2017;40(1):34-43. doi:10.11137/2017_1_34_43
13. Batista P-D, Dámaso R. Algunas consideraciones sobre el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites en su evaluación. Cultivos Tropicales. 2016;37(3):22-41.
14. Vema V, Sudheer KP, Chaubey I. Fuzzy inference system for site suitability evaluation of water harvesting structures in rainfed regions. Agricultural Water Management. 2019;218:82-93. doi:10.1016/j.agwat.2019.03.028
15. Fraga H, Guimarães N, Santos JA. Future changes in rice bioclimatic growing conditions in Portugal. Agronomy. 2019;9(11):674.
16. Calci Quispe BE. "Aplicación de modelos climáticos globales para la caracterización climática en la microcuenca de la Laguna de Chacas y sus Proyecciones de cambio Climático al 2050 y 2070" [Internet]. [Perú]: Andina Néstor Cáceres Velásquez; 2018. 89 p. Available from: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_f44a3f4846e0624b23a572e08e20a203/Details
17. Poggio L, Simonetti E, Gimona A. Enhancing the WorldClim data set for national and regional applications. Science of The Total Environment. 2018;625:1628-43. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.12.258
18. Casa-Martín F da, Echeverría-Valiente E, D'Amico FC. Zonificación climática para su aplicación al diseño bioclimático. Aplicación en Galicia (España). Informes de la Construcción. 2017;69(547):e218-e218. doi:10.3989/id55319