

Artículo científico

Modelo de ordenamiento agroclimático de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba[▲]

Agroclimatic land use planning model of the Ciego de Ávila province, Cuba[▲]

Alexis Augusto Hernández-Mansilla¹, Silvio López-Sardiñas², Oscar Batista-Pupo³, Aliana López-Mayea¹, Rafael González-Abreu⁴, Jorge David Alonso-Sánchez¹, Oscar Benedico-Rodríguez¹ y Yadira Valentín-Pérez¹

¹Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Instituto de Meteorología. Avenida de los Deportes (s/n), Ciego de Ávila, Cuba

²Dirección Provincial de Suelos de Ciego de Ávila, Ministerio de la Agricultura. Carretera Central, Extremo Oeste, Ciego de Ávila, Cuba

³Dirección Provincial de Planificación Física "Chicho Valdez". Ciego de Ávila, Cuba

⁴Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Ciego de Ávila. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Ciego de Ávila, Cuba
Correo electrónico: alexis.hernandez@cav.insmet.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6065-977X>

Resumen

Con el objetivo de evaluar un modelo de ordenamiento agroclimático de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba se realizó el presente estudio. El trabajo consistió en la integración de la variable temperatura media, el suelo y la disponibilidad de agua mediante la elaboración de mapas temáticos durante el período 2016-2018. Se confeccionaron mapas mediante Sistemas de Información Geográfica con ArcGIS. Además, se desarrolló un análisis documental para fundamentar las exigencias edafoclimáticas de los cultivos. Se estableció un umbral óptimo de desarrollo, basado en la temperatura media, el suelo y la disponibilidad de agua subterránea. Se confeccionó un conjunto de mapas de idoneidad para 11 cultivos de importancia económica, de gran peso en la seguridad alimentaria local y nacional. Las diferencias térmicas en la distribución espacial de forma estacional no alcanzaron valores elevados, la temperatura no presentó grandes limitaciones para el desarrollo de los cultivos en el territorio. No sucede lo mismo con las particularidades hidrogeológica de la provincia, que constituyen un factor limitante de gran peso. Con la realización de este estudio, se dispone de mapas temáticos, que señalan las áreas de mayor aptitud de los suelos (categorías agroproductivas I y II), la temperatura media y la disponibilidad de agua sectorizada para diferentes cultivos agrícolas. Además, constituye una herramienta a disposición de los gobernantes, decisores, especialistas, técnicos y agricultores que participan del ordenamiento agroclimático en Ciego de Ávila.

Palabras clave: disponibilidad del agua, suelo, temperatura

Abstract

In order to evaluate an agroclimatic land use planning model of the Ciego de Ávila province, Cuba, this study was conducted. The work consisted in the integration of the variable mean temperature, soil and water availability through the elaboration of thematic maps during the period 2016-2018. Maps were elaborated through Geographic Information Systems with ArcGIS. In addition, a documentary analysis was carried out to support the soil and climate demands of the crops. An optimum development threshold was established, based on the mean temperature, soil and underground water availability. A set of suitability maps was made for 11 economically important crops, of high bearing on local and national food security. The thermal differences in seasonal spatial distribution did not reach high values; temperature did not show great limitations for crop growth in the territory. The same does not occur with the hydrogeology particularities of the province, which constitute a highly limiting factor. With the development of this study, there are thematic maps available, which show the areas of higher aptitude of soils (agroproductive categories I and II), mean temperature and sectorized water availability for different agricultural crops. In addition, it constitutes a tool available for government officials, decision-makers, specialists, technicians and farmers who participate in the agroclimatic land use planning in Ciego de Ávila.

Keywords: water availability, soil, temperature

[▲]Trabajo presentado en la V Convención Internacional Agrodesarrollo 2019 celebrada del 22 al 26 de octubre del 2019. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Cuba.

[▲]Paper presented in the 5th International Convention Agrodesarrollo 2019 celebrated on October 22-26, 2019. Plaza America Convention Center. Varadero, Cuba

Introducción

El suelo, el agua y el clima son componentes naturales imprescindibles para el desarrollo de actividades vitales para la humanidad, como es la agricultura, que garantiza la alimentación de la sociedad.

El conocimiento de las potencialidades de cada región en condiciones climáticas cambiantes, al considerar la distribución geoespacial de los recursos en un territorio, facilita su uso racional y sostenible e incrementa la eficiencia y productividad agrícola, al garantizar las condiciones idóneas para los cultivos. Definir las zonas más propicias para el establecimiento de un cultivo, permitirá realizar su explotación racional, de acuerdo con la capacidad productiva de los recursos naturales y la conservación de los ecosistemas (Cortez *et al.*, 2005).

La zonificación agroecológica es parte de la respuesta a la necesidad de las distintas regiones para promover el uso adecuado de la tierra (Jiménez, 2003). Constituye una herramienta que permite la definición de políticas de ordenamiento que favorecen el desarrollo sostenible de las regiones.

Según, Jiménez *et al.* (2006) el ordenamiento territorial se define como una proyección espacial de las políticas ambientales, sociales, económicas y culturales. Se trata de un conjunto de instrumentos de planificación y mecanismos de gestión que facilita la organización apropiada del uso de la tierra y la regulación de la vida económica. Mediante este proceso, con la acción municipal e institucional, concertada con la población y los actores clave, se logra el ordenamiento del espacio geofísico que favorece la reducción de la vulnerabilidad y el aprovechamiento racional de los recursos de las cuencas (suelos, bosques y árboles, agua, minería, materiales de construcción, turismo, recreación, infraestructura y otros).

Ciego de Ávila cuenta con una superficie total de 10 988,4 ha destinadas a la producción agrícola. De ellas, 2 733,6 ha están cultivadas. En el sector estatal, existen 6 093,1 ha, de las que solo se cultivan 523,1 ha. En las formas no estatales de producción se cultivan 2 210,4 ha, de 4 895,3 disponibles (ONEI, 2016). Estas condiciones hacen que la región avileña constituya uno de los escenarios agrícolas más importantes de Cuba, que la convierten en una localidad muy comprometida con la seguridad alimentaria territorial y nacional. No obstante, en estos momentos, Ciego de Ávila no cuenta con un ordenamiento territorial agroclimático, ajustado a una mejor integración de los recursos

naturales (suelo, clima y agua) disponibles para el establecimiento de los cultivos agrícolas.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) hacen posible estas acciones de ordenamiento, pues constituyen una herramienta ventajosa para alcanzar una georreferenciación óptima de los recursos naturales de un territorio. Su utilidad fundamental radica en la capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de bases de datos digitales, que se utilizan en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica ejercen sobre determinado escenario en una época específica (IGAC, 1995).

Por lo anterior, se precisa de la elaboración de un compendio de mapas temáticos, que identifiquen localmente las zonas de mayor idoneidad para la producción de los renglones agrícolas. De ahí que el objetivo del trabajo fue evaluar un modelo de ordenamiento agroclimático de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba a través de la integración de la variable temperatura media, el suelo y la disponibilidad de agua durante el período 2016-2018.

Materiales y Métodos

Se realizó un análisis documental para conocer los requerimientos edafoclimáticos y las necesidades de suelo y agua de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.), plátano y banano (*Musa* spp), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L), arroz (*Oryza sativa* L), cítricos (*Citrus* spp), mango (*Mangifera indica* L.); guayaba (*Psidium guajava* L.), piña (*Ananas comosus* L., Merrill), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

Mapificación de los suelos. Se realizó según la necesidad de fertilidad y las características edafológicas y agroproductivas que exigen estas especies de cultivo. Se ordenó a partir de la localización de suelos con categorías I y II en cada municipio, lo que constituyó el elemento inicial de base de la mapificación general. La valoración agroproductiva responde a la realizada por la Dirección Provincial de Suelos de la Delegación de la Agricultura en Ciego de Ávila. Los elementos para la categorización agroproductiva I y II se corresponden con la clasificación de Mesa y Mesa (1985).

Mapificación de la variable climática (temperatura media). Se mapificó la temperatura media, variable de peso para el desarrollo fenológico de los cultivos. En cada caso, se determinó el umbral

de desarrollo óptimo, según la documentación especializada que se consultó.

Los datos de temperatura procedieron de los registros de las estaciones meteorológicas, ubicadas en las provincias Sancti Spíritus (Jibaro 78341, Sancti Spíritus 78349), Ciego de Ávila (Júcaro 78345, Venezuela 78346 y Camilo Cienfuegos 78347) y Camagüey (Florida 78350 y Esmeralda 78352). Se trata de valores que corresponden al período 2006-2015, que permitieron conocer la distribución, a escala municipal, de la variable climática, una vez mapificada a través del SIG. A partir de dicha distribución, se extrajeron los rangos de comportamiento térmico y se elaboraron tablas para concentrar la información para su mejor análisis y una nueva distribución espacial de los rangos. Se tuvieron en cuenta las recomendaciones de trabajos de zonificación agroecológica (FAO, 1997).

Procedimiento metodológico mediante ArcGIS para la mapificación integrada. El modelo de ordenamiento agroclimático de la provincia Ciego de Ávila es el resultado de la integración de tres variables: suelo, temperatura media y agua. Para la variable suelo, se tuvieron en cuenta los mapas de las categorías agroproductivas (I y II). En cuanto al clima, se tomaron los rangos de variación de la temperatura media de 2006 a 2015, según las tablas elaboradas para definir el potencial térmico. Para el tratamiento de esta variable meteorológica, se consideró su manifestación homogénea en el territorio, de acuerdo con las consideraciones de Sorí *et al.* (2017).

Para la caracterización del recurso agua se utilizó la distribución espacial de los sectores hidrogeológicos por municipio, de acuerdo con las dos cuencas: Morón (situada al norte) y Ciego (al sur). La cuenca Morón, integrada por 12 sectores, y de mayor importancia, suministra agua a Chambas, Morón, Bolivia, Florencia, Ciro Redondo, Primero de Enero; Ciego de Ávila, Majagua y Baragüá. Ciego, con solo tres sectores, aporta agua, a parte de Majagua, Ciego de Ávila, Venezuela y Baragüá (González-Abreu *et al.* 2017).

Después de seleccionar los cultivos y tener listas las variables, se procedió a su procesamiento. Se empleó para ello el módulo de herramientas *ArcToolbox* del SIG ArcGIS. El análisis partió de la conversión de las variables agua y suelo a formato *raster*. Para la temperatura, al tener el fichero con la información en el formato *Excel*, se elaboró un mapa de punto y se escogió como valor el rango de

temperatura favorable (umbral térmico por cultivo). Posteriormente, con el mapa de punto resultante, se llevó a cabo la interpolación con *Interpolation*, que pertenece al conjunto de herramientas de análisis espacial (*Spatial Analyst Tool*); el método utilizado fue la distancia inversa ponderada (IDW). Una vez terminada la interpolación, se reclasificaron los valores con la herramienta *Reclassify*, y se procesaron las variables. Cuando estuvieron en el formato *raster*, se procedió a la interpolación ponderada mediante *Weighted Overlay*, que forma parte del conjunto de útiles de análisis espacial (*Spatial Analyst Tool*).

Resultados y Discusión

Compendio de mapas temáticos para el ordenamiento agroclimático de cultivos agrícolas en Ciego de Ávila. Se confeccionó un conjunto de mapas de idoneidad para 11 cultivos de importancia económica, de gran peso en la seguridad alimentaria local y nacional. A continuación, se exponen seis de los mapas que representan los cultivos: *S. tuberosum* (figura 1), *P. vulgaris*, (figura 2), *O. sativa* (figura 3), cítricos (figura 4), *S. officinarum* (figura 5) y *N. tabacum* (figura 6).

Este ordenamiento agroclimático responde a las particularidades geofísicas de suelo, clima y recurso hídrico en Ciego de Ávila. Los suelos, con abundante superficie cultivable de categoría agroproductiva I y II, requieren de otros recursos para su total idoneidad en el cultivo de las diferentes especies botánicas, pues necesitan del clima, fundamentalmente de una temperatura óptima, y también del agua, factor imprescindible para el desarrollo de las plantas.

La temperatura es fundamental para las plantas, y el territorio avileño posee amplias posibilidades térmicas para el desarrollo de especies cultivables de gran importancia, como las que integran el grupo de cultivos objeto de este ordenamiento. Es ventajoso aprovechar las bondades climáticas de la provincia, por cuanto la mayoría de sus territorios, de acuerdo con la mapificación, no ofrecen limitaciones para los cultivos.

Según Sorí *et al.* (2017), la temperatura media en Ciego de Ávila, de acuerdo con los estudios realizados a partir de los datos registrados en las estaciones meteorológicas de Júcaro, Venezuela, Camilo Cienfuegos y Cayo Coco, presenta un ciclo estacional marcado, entre los meses del verano e invierno. Temperaturas bajas en enero se comienzan a elevar hasta julio y agosto para después

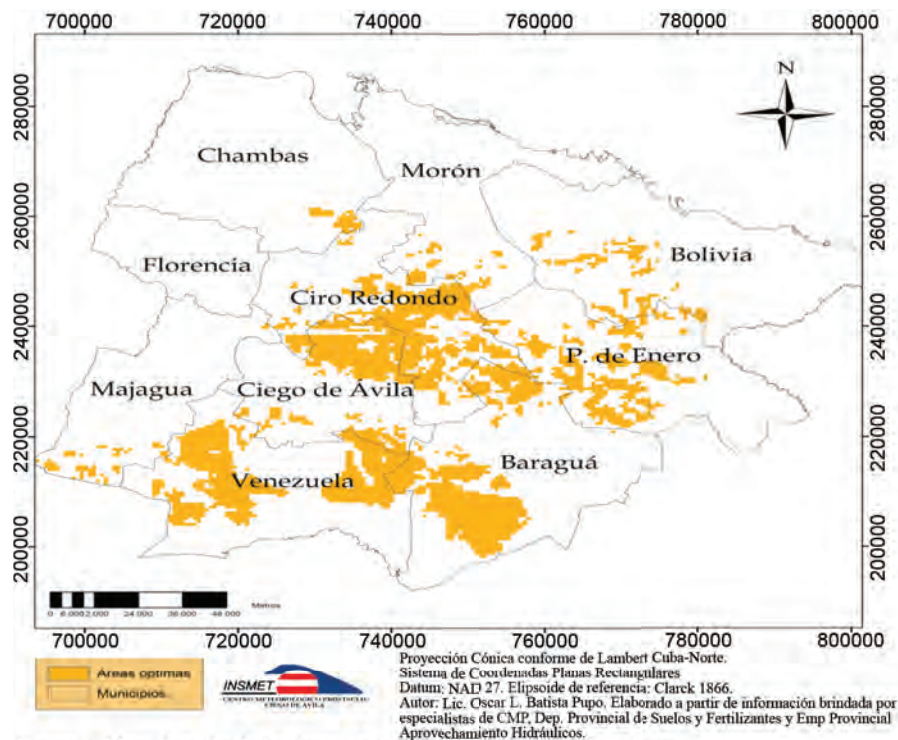


Figura 1. Identificación de las áreas óptimas para el cultivo de *P. vulgaris*.

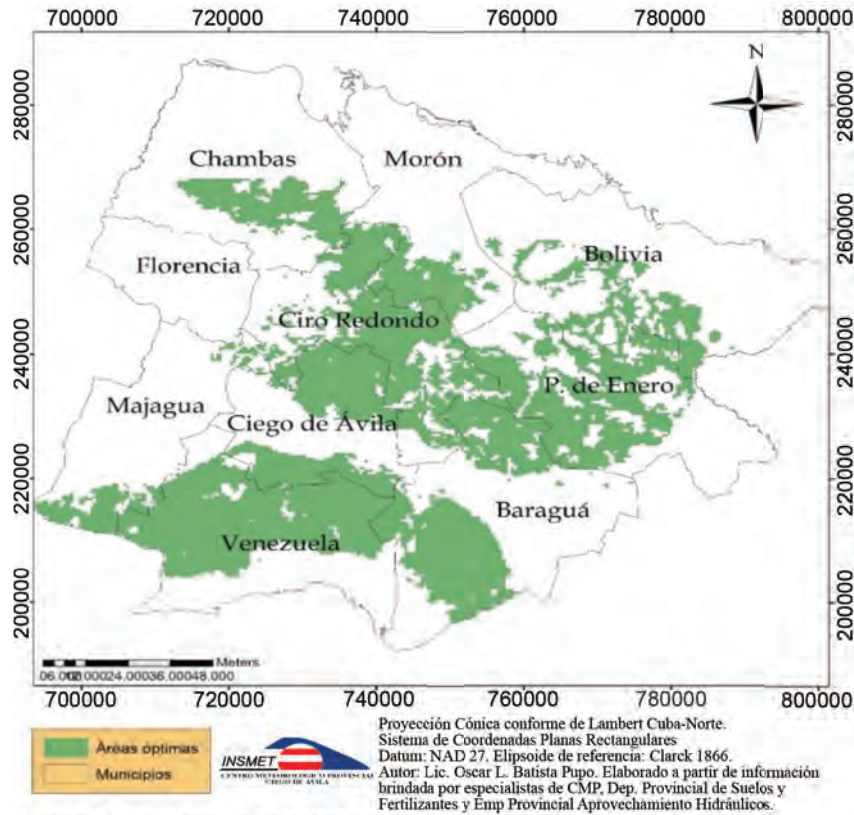


Figura 2. Identificación de las áreas óptimas para el cultivo de *S. tuberosum*.

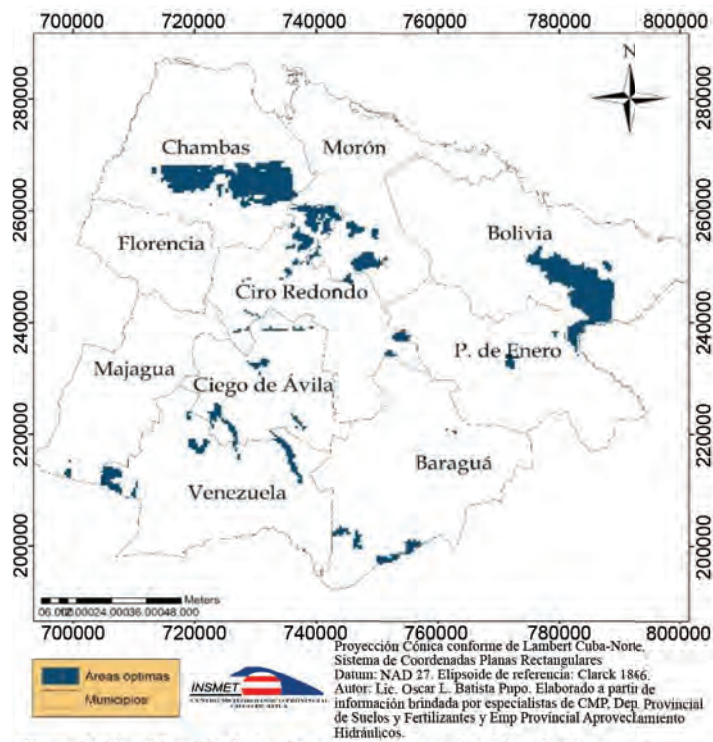


Figura 3. Identificación de las áreas óptimas para el cultivo de *O. sativa*.

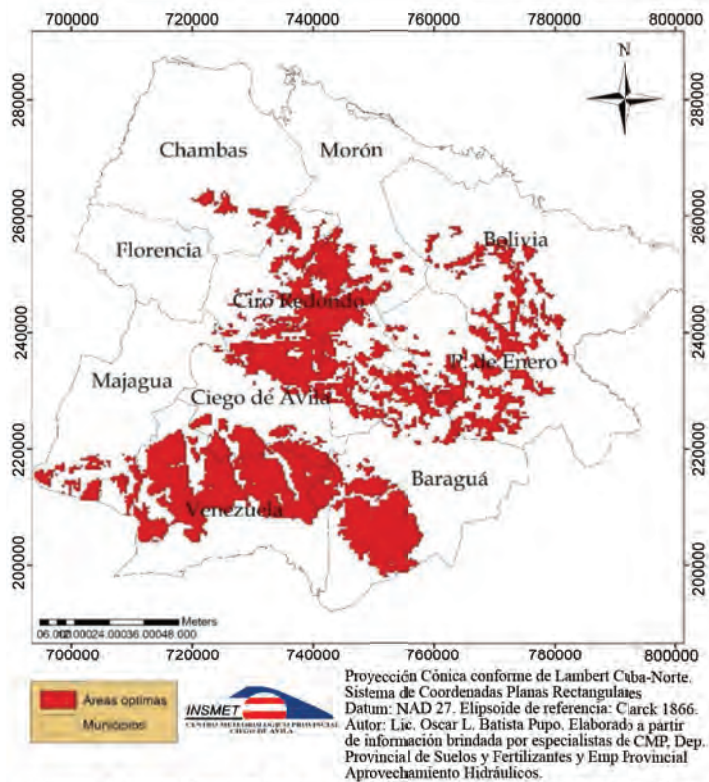


Figura 4. Identificación de las áreas óptimas para el cultivo de cítricos.

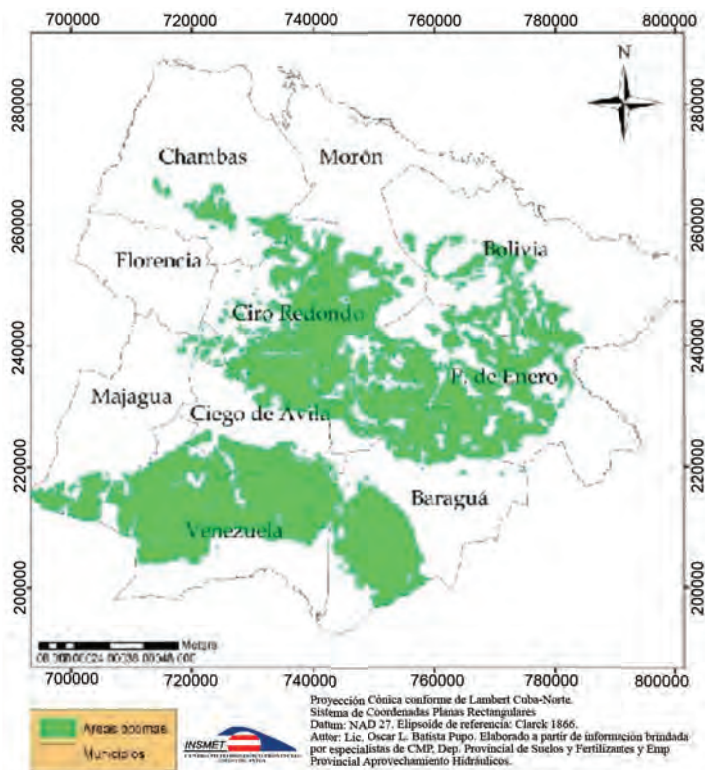


Figura 5. Identificación de áreas óptimas para el cultivo de *S. officinarum*.

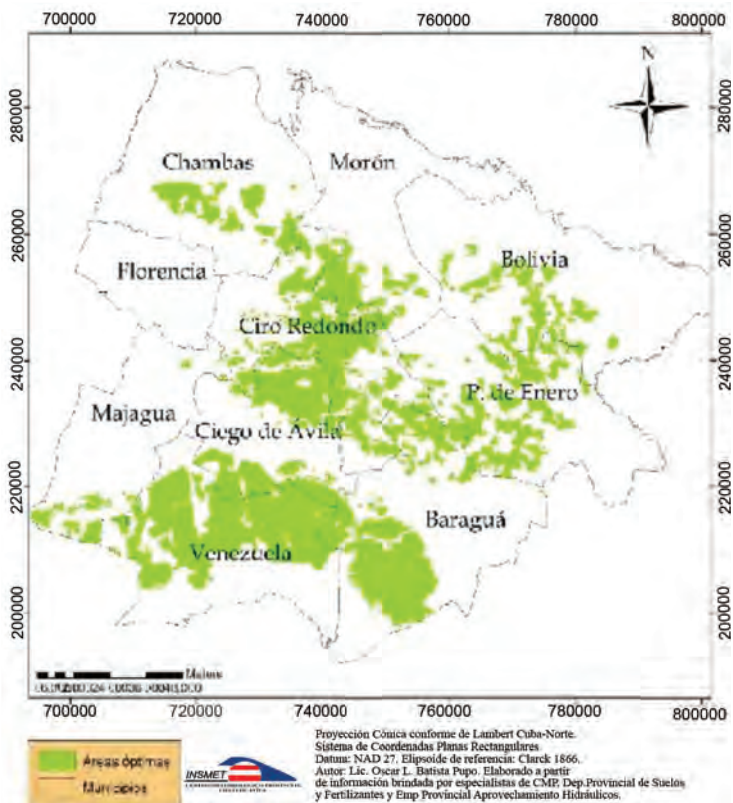


Figura 6. Identificación de áreas óptimas para el cultivo de *N. tabacum*.

descender hasta diciembre. Se hace apreciable así la estacionalidad en el régimen térmico de este territorio.

En el norte de Ciego de Ávila, de acuerdo con los registros de la estación Camilo Cienfuegos, se observó una ligera disminución de las temperaturas durante diciembre y enero en comparación con el comportamiento de esta variable en las estaciones de Venezuela y Júcaro, localizadas al sur. En la Estación de Cayo Coco, la influencia del régimen térmico marino quedó plenamente definida, con la existencia de valores superiores a 23 °C de temperatura media en los meses más fríos, y superiores durante todo el ciclo anual, con el máximo en julio y agosto (temperaturas cercanas a 29 °C).

Este comportamiento permite identificar el efecto de la semicontinentalidad. Se destaca la zona centro-sur por un ambiente más cálido que la norte, situación que también se identifica para el período poco lluvioso. Los análisis del comportamiento de las variaciones de la temperatura diaria permiten definir la existencia de una diferenciación estacional de la temperatura. No obstante, estas consideraciones sobre el régimen térmico no son absolutas, debido al enmascaramiento que se produce al usar los valores medios mensuales (Sorí *et al.*, 2017).

Los valores de temperatura utilizados para este ordenamiento (2006-2015), unido a los datos pertenecientes a los registros de las estaciones meteorológicas de Sancti Spíritus y Camagüey (con el objetivo de ganar una mejor distribución espacial), permitió conocer que el valor medio anual de esta variable fue de 20,3 °C. La temperatura mínima media presentó los menores valores de noviembre hasta abril.

Todo lo anterior permite afirmar que las diferencias térmicas en la distribución espacial de forma estacional no alcanzaron valores elevados. Por tanto, se puede decir que, de acuerdo con el comportamiento y las características del régimen térmico, y según los valores de los umbrales de temperatura, requeridos para cada una de las especies botánicas implicadas, la temperatura no presentó grandes limitaciones para el desarrollo de los cultivos. Por tanto, las características edafoclimáticas no constituyeron un elemento altamente limitante para este territorio.

No sucede lo mismo con las particularidades de la hidrogeología de la provincia Ciego de Ávila, que constituyen un factor limitante de gran peso.

Esto se explica porque en el territorio existen dos grandes cuencas, la de Morón y Ciego, que se hallan afectadas por su mal manejo. Estas cuencas abastecen el suministro de agua para los cultivos.

En este sentido, el agua es imprescindible para la producción de los cultivos en estudio, por lo que en este ordenamiento el recurso hídrico es totalmente decisivo. Para la explotación de los cultivos, las localidades que no cuentan con este recurso sectorizado no se consideran idóneas.

Se recomienda que aquellos cultivos de secano, como yuca, piña (variedad española roja), mango y guayaba, se exploten en localidades donde no exista disponibilidad de agua subterránea. Para estos cultivos, la idoneidad de las áreas estará basada en la existencia de suelos con categorías agroproductivas I y II, así como en la variación de la temperatura, con valores capaces de satisfacer los requerimientos térmicos biológicos de estas especies botánicas.

Se puede asumir que los cultivos que no requieren elevados volúmenes de agua, y otros como el maíz (en época lluviosa) también se pueden sembrar y cultivar en zonas con ausencia de acuíferos, lo que le confiere mayor capacidad de explotación agrícola al territorio. No obstante, con fines de eficiencia productiva y de desarrollo local, el ordenamiento territorial ofrece una organización productiva superior, y constituye una herramienta útil para la dirección del proceso agroalimentario.

Conclusiones

Con el desarrollo de este estudio, se dispone de mapas temáticos, que señalan las áreas de mayor aptitud de los suelos (categorías agroproductivas I y II), la temperatura media y la disponibilidad de agua sectorizada para diferentes cultivos agrícolas. Además, constituye una herramienta a disposición de los gobernantes, decisores, especialistas, técnicos y agricultores que participan del ordenamiento agroclimático en Ciego de Ávila.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto nacional que forma parte del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Meteorología para el desarrollo sostenible del país, financiado por el presupuesto nacional, Cuba.

Referencias bibliográficas

- Cortéz-Marín, Adriana L.; Aceves-Navarro, L. A.; Arteaga-Ramírez, R. & Vázquez-Peña, M. A. Zonificación agroecológica para aguacate en la

- zona central de Venezuela. *TERRA Latinoamericana*. 23 (2):159-166. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio>, 2005.
- FAO. *Boletín de suelos de la FAO. Zonificación agroecológica. Guía general*. No. 73. Roma: Servicio de recursos, manejo y conservación de suelos. Dirección de fomento de tierras y aguas, FAO, 1997.
- González-Abreu, R.; Portelles, I. & Valero, L. *Vulnerabilidad de las fuentes de abasto de la ciudad cabecera de Ciego de Ávila*. Ciego de Ávila, Cuba: Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Ciego de Ávila, 2017.
- IGAC. *Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. Gráficas Colorama*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1995.
- Jiménez, R.; Faustino, J. & Campos, J. J. *Bases conceptuales de la cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas. Material de referencia en curso de maestría en Manejo de cuencas hidrográficas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2006.
- Jiménez-Zúñiga, R. *Uso conforme del suelo: una necesidad para Costa Rica, en el uso agrario de la tierra y su ordenamiento*. San José, Costa Rica: Instituto de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 2003.
- Mesa-Lorenzo, A. & Mesa-Nápoles, A. *Clasificación agroprodutiva*. La Habana: Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, MINAG, 1985.
- ONEI. *Anuario Estadístico de Cuba 2015. Población*. La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información. <http://www.one.cu/aec2015/09%20Agricultura%20Ganaderia%20Silvicultura%20Pesca.pdf>, 2016.
- Sorí-Gómez, R.; Córdova-García, O. & Hernández-Mansilla, A. A. Características climáticas y fenómenos meteorológicos en la provincia Ciego de Ávila. *Informe final del Proyecto Nacional de Ciencia y Tecnología: Cambio climático. Elaboración de escenarios para el desarrollo fenológico, situación fitosanitaria de cultivos agrícolas y zonas de interés medio ambiental en Ciego de Ávila. Medidas de mitigación y adaptación*. Ciego de Ávila, Cuba: Centro Meteorológico Provincial Ciego de Ávila, 2017.

Recibido el 2 de julio del 2019

Aceptado el 25 de agosto del 2019