

Artículo científico**CONTRIBUCIÓN DE LA METEOROLOGÍA A LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA DESDE UNA PERSPECTIVA BIOCLIMÁTICA**

Maribel Regla Quintana Sanz¹, Fernando Medinilla Nápoles¹, Osmany Ceballos Melendres², Dianelis Portal Castillo¹, Osvaldo Delgado González¹ y Jénice Medinilla Padrón¹

RESUMEN

El clima es un factor ambiental de gran relevancia en cuestiones agronómicas, pecuarias, veterinarias, ecológicas, riesgos ambientales, salud humana, etc. La interpretación de la meteorología con fines agropecuarios sustentables es de extrema importancia para la productividad y eficiencia de las áreas en explotación. El objetivo del trabajo fue analizar la utilización de la información meteorológica para contribuir a la sostenibilidad agrícola desde una perspectiva bioclimática. Se revisaron más de 100 publicaciones de revistas especializadas, libros, repositorio de tesis de maestría y doctorado, documentos de internet, informes, eventos científicos, entre otros, acerca de la importancia de la información meteorológica y climática para la planificación de los sistemas de producción agropecuaria. Existen evidencias de la necesidad de ampliar el uso de los pronósticos agrometeorológicos para obtener elevadas cosechas y mantener una cría de animales de alta productividad. Se analiza la importancia del conocimiento de las potencialidades de cada región en condiciones climáticas cambiantes, al considerar la distribución geoespacial de los recursos en un territorio. Se concluye que la meteorología es un factor clave para la zonificación agrícola. Este proceso favorece el ordenamiento territorial, y se considera indispensable para gestionar correctamente los recursos naturales y preservar la naturaleza; de esta forma se impulsa el desarrollo local sostenible.

Palabras clave: agricultura, clima, resiliencia, zonificación.

Contribution of the meteorology to agricultural sustainability from a bioclimatic perspective**ABSTRACT**

The climate is an environmental factor of high relevance in agronomic, livestock, veterinary, ecological, environmental risks, human health, etc. The understanding of the meteorology related to sustainable agricultural purposes is very important for the productivity and efficiency of the agrarian zones. The objective of the work was to analyze the use of meteorological data to contribute to agricultural sustainability from a bioclimatic perspective. The results of more than 100 publications of specialized journals, books, repository of master's and doctoral theses, internet documents, reports, scientific events,

¹Ing. Maribel Regla Quintana Sanz, <https://orcid.org/0000-0003-2056-3524>. Master en Ciencias en Biotecnología Vegetal, Investigadora Auxiliar, Profesora Auxiliar. Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus. Instituto Nacional de Meteorología. CITMA, Cuba. Comandante Fajardo S/N, Olivos II. Sancti Spíritus, Cuba. E-mail: maribel.quintana@ssp.insmet.cu. ² Subdelegación de Medio Ambiente Sancti Spíritus. CITMA, Cuba.

among others, about the importance of meteorological and climatic information for the planning of the agricultural production systems, were analyzed. There were found evidences of the need to expand the use of agrometeorological forecasts to obtain good harvests, and to keep high-productivity animal husbandry. To know the potential of each region related to climate change was analyzed, also the geospatial distribution of natural resources in a territory was considered. It is concluded that meteorology is a key factor for agricultural zoning. This process helps the land use planning, and it is considered essential to an adequate management of natural resources and to preserve nature, thus sustainable local development is promoted.

Key words: agriculture, climate, resiliency, zoning

INTRODUCCIÓN

La interacción entre el clima, los suelos, la vegetación y los animales, además de otros recursos naturales es determinante en la sostenibilidad del sector agrario. Ante los nuevos escenarios climáticos previstos a mediano y largo plazo, el proyectar un uso adecuado de los ecosistemas agropecuarios puede ser un factor fundamental para potenciar la resiliencia en la productividad agraria.

A partir de 2010, cuando la FAO introduce el concepto de agricultura climáticamente inteligente (o inteligente en función del clima); y luego con la aprobación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible se proporciona un marco internacional sin precedentes para incrementar la eficacia de las medidas nacionales y los esfuerzos colectivos internacionales dirigidos a lograr el desarrollo sostenible (FAO, 2018).

El efecto antropogénico de convertir los ecosistemas naturales en explotaciones agrícolas ha contribuido a la pérdida de biodiversidad y degradación de la tierra, asimismo se considera la principal causa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, disponer de planes y estrategias para la gestión eficiente de la tierra, que aumente su productividad y disminuya el impacto ambiental, es una premisa ineludible.

Al implementar prácticas de gestión sostenible de la tierra se podría ayudar a las poblaciones a adaptarse al cambio climático, crear resiliencia a la sequía, detener la degradación de la tierra y la desertificación. Esto facilitaría la transición hacia una agricultura y unos sistemas alimentarios que sean más productivos, más sostenibles y más respetuosos con el clima.

Por otra parte, en la actualidad se está posicionando globalmente un marco conceptual denominado bioeconomía como una vía de desarrollo con sostenibilidad. Si bien inicialmente este marco estaba reducido a la producción de energía, alimentos, y materiales, un nuevo marco bioeconómico emerge basado en ecosistemas integrales y nuevas cadenas de valor (Bastos y Palme, 2022; Meza y Rodríguez, 2022).

En Cuba existe un Plan de Estado (Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 – PNDES 2030) que incluye, dentro de sus principios y ejes estratégicos, un enfoque hacia los sistemas de producción agrícola que asegure la conservación, protección y uso racional de los recursos naturales, así como la adaptación (incluida la prevención de riesgos) y acciones de mitigación de los impactos del cambio climático, de forma tal que la relación con la naturaleza y el medio ambiente sea un factor que contribuya al desarrollo económico y social próspero y sostenible (PCC, 2017).

Por otra parte, en el país se aprobó el Plan Nacional de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional (Plan SAN) el cual, entre otros aspectos, se centra en las consecuencias de los fenómenos hidrometeorológicos y el cambio climático para los sistemas alimentarios; promueve el empleo de herramientas que permitan diseñar transformaciones en las tecnologías a emplear para una agricultura sostenible, que incluya entre sus quehaceres la responsabilidad ambiental y el mantenimiento de la ecología.

La necesidad de dinamizar el desarrollo del sector agroalimentario en Cuba a nivel local potencia aquellas producciones que puedan contribuir a disminuir las importaciones de alimentos para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria de la población cubana, siendo una de las grandes prioridades actuales del gobierno. Pero tales premisas no dependen solamente de una mayor producción agropecuaria, sino, de un eficaz y eficiente funcionamiento de todo el sistema de actores, procesos y recursos, denominado cadena productiva, lo cual permite que este producto satisfaga en cantidad, calidad y asequibilidad el mercado de consumidores al cual se dirige.

Así, se impone una acelerada búsqueda del conocimiento, como base para enfrentar la compleja realidad de un mundo cambiante donde plantearse como meta avanzar hacia un desarrollo social exige sustentarlo en el conocimiento, y con él, en los complejos procesos de su apropiación y producción (Dávila *et al.*, 2020).

El propósito de este trabajo es analizar la utilización de la información meteorológica para contribuir a la sostenibilidad agrícola desde una perspectiva bioclimática.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisó la información de más de 100 publicaciones de revistas especializadas, libros, repositorio de tesis de maestría y doctorado, documentos de internet, informes, eventos científicos, entre otros, acerca de la importancia de la información meteorológica y climática para la planificación de los sistemas de producción agropecuaria.

El estudio se enfoca en el empleo de la zonificación agrícola como una herramienta que facilita el ordenamiento territorial para lograr un desarrollo local sostenible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Meteorología y agricultura

La meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar; basado en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo (Rodríguez *et al.*, 2004). Estudios globales señalan que hasta el 40 % de la actividad económica de un país puede ser afectada por causas meteorológicas. A escala mundial procesos en que interviene la meteorología también tienen una profunda repercusión política, social y económica; así el tiempo y el clima influyen, tanto positiva como negativamente en casi todas las acciones humanas (Portela, 2006).

En la década de 1920 se consolida la meteorología agrícola, y se desarrolla en Occidente, Japón, India y China durante 40 años. Desde los años 60 del pasado siglo se viene utilizando en un mayor número de regiones, principalmente enfocada a climas templados. La ocurrencia de desastres meteorológicos y climáticos, frecuente en países en desarrollo, obliga a revisar la definición de

esta ciencia para incluir la agrometeorología tropical (OMM, 2006).

La meteorología agrícola profundiza en las condiciones agrometeorológicas de la producción agrícola y coopera a su utilización racional para obtener elevadas cosechas y mantener una cría de animales de alta productividad. Uno de sus principales métodos son las observaciones agrometeorológicas, cuya base es la conjugación de los datos sobre el estado de los cultivos agrícolas, su crecimiento y desarrollo, por una parte, y sobre el estado y los cambios de los elementos meteorológicos y agrometeorológicos, por la otra. Esto permite apreciar la influencia de las condiciones del tiempo en el crecimiento de los cultivos agrícolas y de las hierbas de los prados, así como la ejecución de los trabajos de campo y el pastoreo del ganado. De esta forma influye en la fundación de métodos agrotécnicos, en la introducción de nuevas variedades de cultivos y en el mejoramiento de las razas de animales, entre otros aspectos (INSMET, 1989).

En una definición más amplia, la meteorología agrícola es una ciencia que se ocupa del agua, el calor y el aire, así como del desarrollo de la biomasa en altitud o bajo el suelo, en el entorno de la producción agrícola, e incluye los efectos de plagas y enfermedades que dependen igualmente de estos factores. Se trata de la precipitación y los procesos correspondientes (el agua), de la radiación y la forma en que se distribuye (el calor), y de la atmósfera y su movimiento (el aire). Para cada uno de estos tres elementos hay que distinguir entre las consecuencias y la utilización. La producción agrícola se considera en su sentido más general, es decir, incluye la silvicultura (y la arboricultura no forestal), la ganadería y la pesca, conforme al mandato de la Comisión de Meteorología Agrícola de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2006).

Esta ciencia no estudia la sociedad ni la economía, pero sí las consecuencias y la utilización sociales y económicas, en el entorno de la producción agrícola, del agua, de la radiación/calor y del aire (por ejemplo, los aspectos socioeconómicos de las distintas soluciones de riego, almacenamiento, agrosilvicultura, inundaciones, sequías, desertificación, heladas, protección del viento, medio artificial de crecimiento o sistemas de agricultura sostenible y la renta de los agricultores en los distintos casos). Considera los aspectos socioeconómicos de los servicios agrometeorológicos, que incluyen la preparación para fenómenos extremos y la degradación ambiental, así como sus consecuencias para los prestatarios y los usuarios. Por ello, su actividad aplicada es realmente interdisciplinaria y los conocimientos necesarios pertenecen a distintas especialidades, que pueden tener campos comunes: ciencia del suelo, botánica, zootecnia, climatología, fitopatología, aerobiología, hidrología o ingeniería agrícola, así como las ciencias básicas (OMM, 2006).

La zonificación en la agricultura

El creciente desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y de los servicios de posicionamiento han potenciado la disponibilidad de información geográfica de diversos sectores de la sociedad (Pérez-García *et al.*, 2019). Ello, a su vez, ha inducido la creación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas capaces de procesar la gran cantidad de datos existentes y proveer nueva información (Dávila *et al.*, 2020).

Un SIG, se define como la integración funcional de hardware, software y procedimientos para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis y representación de datos espacialmente georreferenciados. Específicamente en la agricultura, los SIG juegan un papel primordial ya que posibilitan,

entre otros: la clasificación, mapeo y cartografía de cultivos con información georreferenciada, la identificación de etapas fenológicas de las plantas, el monitoreo del riego y la predicción de rendimientos (Pérez-García *et al.*, 2019).

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 (Suárez, 2014). Definir las zonas más propicias para el establecimiento de un cultivo, permite realizar su explotación racional, de acuerdo con la capacidad productiva de los recursos naturales y la conservación de los ecosistemas (Gil *et al.*, 2019).

La FAO define la zonificación agroecológica como la división de un área en unidades más pequeñas, que tienen similares características relacionadas con su aptitud y potencial de producción. Como resultado de este proceso se identifican los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agroecosistemas. En este contexto, se pueden identificar prioridades de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías para áreas agroecológicas específicas, basada en el uso sostenido de los recursos de la tierra (Suárez, 2014).

La producción de cultivos es sumamente sensible al clima. Se ve afectada por diversos factores climáticos, tales como: las tendencias a largo plazo de las precipitaciones y temperaturas medias, la variabilidad de las temperaturas y las precipitaciones en términos interanuales, la presencia de perturbaciones durante etapas específicas del desarrollo de las plantas y los fenómenos meteorológicos extremos. A medida

que va cambiando el clima, también deben cambiar las estrategias de producción de cultivos. La intensificación sostenible de la producción agrícola es la piedra angular sobre la que se basan todas las opciones climáticamente inteligentes para la producción de cultivos. Orienta las decisiones sobre la manera de superar las ineficiencias que se traducen en brechas de rendimiento y productividad, y de reducir al mínimo los efectos ambientales y sociales negativos de la producción (FAO, 2018).

La producción ganadera es un sector de crecimiento rápido. El ganado hace una contribución necesaria e importante a la oferta de calorías y proteínas, además en los medios de vida rurales su aporte va mucho más allá de la producción agrícola y la seguridad alimentaria: presta apoyo directo al bienestar social, la educación y la salud humana. Es esencial gestionar el ganado cuidadosamente para aprovechar al máximo la serie de servicios que presta y reducir la vulnerabilidad del sector a los efectos del cambio climático. Se prevé que el aumento de las temperaturas, los cambios en la distribución de las precipitaciones, una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, el aumento del estrés térmico y la reducción de la disponibilidad de agua afectarán negativamente, tanto directa como indirectamente, a la producción y la productividad ganaderas en todo el mundo (FAO, 2018).

La zonificación agroecológica es parte de la respuesta a la necesidad de las distintas regiones para promover el uso adecuado de la tierra (Hernández-Mansilla *et al.*, 2019). Constituye una herramienta que permite la definición de políticas de ordenamiento que favorecen el desarrollo sostenible de los territorios (Zúñiga y Rodríguez, 2019).

Ordenamiento territorial con enfoque bioclimático para impulsar el desarrollo local

El ordenamiento es una disciplina que desarrolla determinadas técnicas de administración y de políticas en general. En la actualidad, existen numerosos enfoques para abordar los términos ordenación u ordenamiento, con sus acepciones ambiental, territorial, ecológica, geoecológica, entre otras, pero todas conducen a reducir los conflictos y desequilibrios ocasionados por la transformación e intervención desordenada del ser humano sobre un sistema (espacio geográfico), unidad de producción o entidad territorial (Salinas, 2005).

El ordenamiento territorial se expresa de forma cartográfica a través de modelos espaciales que manifiestan flujos de relaciones regionales sobre la base de la utilización, la conservación y la racionalidad de los recursos naturales y sociales, los asentamientos humanos, las infraestructuras y la base económica productiva como ejes clave de evaluación. Cada sistema natural condiciona una base económica determinada y un comportamiento social específico. Se realiza en un área definida por límites físicos y con determinadas políticas públicas y/o sectoriales. Así, el ordenamiento territorial contribuye a las mejoras socioambientales de las poblaciones para cubrir dichas expectativas (Zúñiga y Rodríguez, 2019).

Por otra parte, Domínguez (2008) propone el ordenamiento territorial como una proyección espacial de las políticas ambientales, sociales, económicas y culturales que articulan un conjunto de instrumentos de planificación y mecanismos de gestión que facilitan 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 naturales.

Así, el desarrollo local y su planificación con enfoque estratégico en Cuba se consolida como uno de los temas fundamentales en las agendas públicas de los gobiernos territoriales, en función del aprovechamiento de sus potenciales y la solución de problemas locales que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población (Gil et al., 2019).

La articulación ciencia-gobierno (Díaz-Canel y Fernández, 2020) es clave para abordar con éxito otro de los grandes desafíos que Cuba enfrenta: el impulso al desarrollo local; entendido éste como un proceso multidimensional que según el concepto de desarrollo sostenible incluido en la Agenda 2030 de la Organización de Naciones Unidas incluye, interrelacionadas, las variables: económica, social y ambiental según la Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (ONU, 2022) y también la dimensión institucional.

El desarrollo local en Cuba constituye una política pública de importancia estratégica que ocupa un lugar central en las agendas de los gobiernos a nivel municipal y provincial, y reclama también la actuación de los organismos de la administración central del estado, el consejo de ministros y la propia presidencia del país. La política para impulsar el desarrollo territorial, aprobada en julio de 2020 -en cuya elaboración el sector académico participó- tuvo en cuenta el diagnóstico realizado, en el que, entre otros aspectos, se expresó que no existe una concepción integrada y comúnmente aceptada a nivel institucional sobre el desarrollo local y sus mecanismos y herramientas de gestión, entre estas, los proyectos de desarrollo local (Díaz-Canel y Fernández, 2020).

CONCLUSIONES

La meteorología es un factor clave para la zonificación agrícola. Este proceso favorece el ordenamiento territorial, y se considera indispensable para gestionar correctamente los recursos naturales y preservar la naturaleza; de esta forma se impulsa el desarrollo local sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos, M.G. y Palme, U. (2022). The Bioeconomy–Biodiversity Nexus: Enhancing or Undermining Nature's Contributions to People?. *Conservation*, 2(1): 7-25. DOI: <https://doi.org/10.3390/conservation2010002>.
- Dávila, G.R.; Reyes, R.M. y Alfonso, F. (2020). Sistema integrado: gestión del conocimiento y la innovación en el contexto agropecuario local de Yaguajay. *Pedagogía y Sociedad*, 23(59): 85-108. Disponible en: <https://revistas.uniss.edu.cu/index.php/pedagogia-y-sociedad/article/view/1090>.
- Díaz-Canel, M. y Fernández, A. (2020). Gestión de gobierno, educación superior, ciencia, innovación y desarrollo local. *Rev. Retos de la Dirección*, 14(2): 5-32. Epub 02-Dic-2020. ISSN: 2306-9155. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552020000200005&lng=es&nrm=iso
- Domínguez, S. (2008). Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis presentada en opción al título Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 9-19 p. Disponible en: https://www.academia.edu/73034304/Zonificaci%C3%B3n_ambiental_para_el_ordenamiento_territorial_de_la_subcuenca_bimunicipal_del_r%C3%ADo_Aguas_Calientes_Nicaragua
- FAO (2018). Libro de consulta sobre la agricultura climáticamente inteligente. Segunda edición. FAO (Ed.), Roma, Italia. 2-25 p. ISBN: 978-92-5-130399-3.
- Gil, J.L.; Torres, C.C. y Jam, A. (2019). Programas agropecuarios priorizados en el plan de desarrollo integral del municipio La Palma. *COODES*. 7(2): 150-165. ISSN: 2310-340X. Disponible en: <http://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/227>.
- Hernández-Mansilla, A.A.; López-Sardiñas, S.; Batista-Pupo, O.; López Mayea, A.; González-Abreu, R.; Alonso-Sánchez, J.D.; Benedico-Rodríguez, O. y Valentín-Pérez, Y. (2019). Modelo de ordenamiento agroclimático de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 42(3): 235-242. ISSN: 0864-0394. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000300235&lng=es&nrm=iso.
- INSMET (1989). Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos. Instituto de Meteorología (INSMET). Academia de Ciencias (Ed.), Cuba, 3-9 p.
- Meza, L.E. y Rodríguez, A.G. (2022). Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía: contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID-19. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 210 (LC/TS.2022/43), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 11-70 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11362/47886>.

- Organización de las Naciones Unidas (2022). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022. 4-63 p. e-ISBN: 978-921-001-811-1.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2006). Información sobre el tiempo y el clima. Agricultura sostenible. Estrategias de adaptación al cambio climático. 4-22 p. ISBN: 92-63-30999-X.
- Partido Comunista de Cuba (PCC) (2017). Documentos del 7^{mo}. Congreso del Partido Comunista de Cuba. Disponible en: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/%C3%BA%20tmo%20PDF%2032.pdf>
- Pérez-García, C.A.; Pérez-Atray, J.J.; Hernández-Santana, L.; Gustabello-Cogle, R.; Becerra-de Armas, E. (2019). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. Rev. Cubana de Ciencias Informáticas, 13(2). ISSN: 2227-1899. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992019000200030.
- Portela, M.Á. (2006). La meteorología al servicio del país. Instituto de Meteorología. INSMET. La Habana, Cuba. 5-11 p.
- Rodríguez, R.; Benito, Á. y Portela, A. (2004). Meteorología y Climatología. Ed. FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). 6-12 p. ISBN: 84-688-8535-5.
- Salinas, E. (2005). La geografía física y el ordenamiento territorial en Cuba. Gaceta Ecológica, (76): 35-51. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907605>
- Suárez, G.M. (2014). Revisión bibliográfica. Apuntes sobre la Zonificación Agroecológica de los cultivos. Particularidades en Cuba. Cultivos Tropicales, 35(4): 36-44. ISSN: 0258-5936. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493005>
- Zúñiga, L.M. y Rodríguez, J.L. (2019). Experiencias del Plan de Ordenamiento Territorial. Mayarí, Cuba. Bitácora Urbano Territorial, 29(2): 135-142. ISSN: 0124-7913. DOI: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.63010>

Fecha de recepción: 24 octubre 2022

Fecha de aceptación: 25 noviembre 2022

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

