

## ESCENARIOS BIOCLIMÁTICOS. REFLEXIONES PARA EL ENFRENTAMIENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO

### BIOCLIMATIC SCENARIOS. REFLECTIONS FOR DEALING WITH CLIMATE CHANGE

**Autores:** Jorge Orlay Serrano Torres<sup>1</sup>

Jorge Martínez Melo<sup>2</sup>

Grethel L. Sieiro Miranda<sup>3</sup>

**Correo electrónico:** [jorlay@unica.cu](mailto:jorlay@unica.cu)

[jorgemelo@unica.cu](mailto:jorgemelo@unica.cu)

[grethel.sieiro@inica.azcuba.cu](mailto:grethel.sieiro@inica.azcuba.cu)

**Institución:** <sup>1,2</sup> Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), La Habana, Cuba

#### RESUMEN

Con el objetivo de reflexionar acerca de los escenarios bioclimáticos como descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar, y a partir de la información histórica y la generación de modelos físicos, matemáticos, estadísticos y/o geográficos, aproximarse al posible comportamiento que las variables climáticas tendrán en el futuro y sirva de utilidad en el planeamiento estratégico de políticas de control de las emisiones y de adaptación. Se desarrollan un grupo de acápites relacionados con la base teórica que permite comprender qué son los escenarios bioclimáticos, generalidades sobre la modelación del clima, origen e historia de los escenarios, su importancia y su aplicación, el sistema de modelación PERCIS, los tipos de escenarios de emisiones y que actividades serían útiles a partir de la aplicación de los mismos.

**Palabras clave:** Bioescenarios, Modelación climática, Pronóstico.

#### ABSTRACT

With the aim of reflecting on bioclimatic scenarios as coherent and consistent descriptions of how the Earth's climate system can change, and from historical

---

<sup>1</sup> Dr MV MSc Profesor Auxiliar Facultad de Ciencias Agropecuarias

<sup>2</sup> Dr C Profesor Titular Facultad de Ciencias Agropecuarias

<sup>3</sup> Lic Investigadora del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).

information and the generation of physical, mathematical, statistical and/or geographical, approach the possible behavior that climate variables will have in the future and serve as a utility in the strategic planning of emission control and adaptation policies. Using the methods of the theoretical level: Historical – logical and Analytical – synthetic and empirical level: documentary analysis and triangulation of sources, a group of sections related to the theoretical basis are developed that allows us to understand what bioclimatic scenarios are, generalities about climate modeling, origin and history of scenarios, their importance and their application, the PERCIS modeling system, the types of emission scenarios and what activities would be useful from the application of them.

**Keywords:** Bioscenarios, Climate modeling, Forecast.

## **INTRODUCCIÓN**

El cambio climático, como problema ambiental global, tiene una elevada incidencia en la producción de alimentos, por lo que su impacto en la seguridad alimentaria es notable (Lamichhane et al. 2014), destacándose negativamente la elevación de los valores en la temperatura media anual y la temperatura mínima media de Cuba en 0,9 y 1,9 oC respectivamente, así como también en el aumento de: la frecuencia en las sequías largas y severas (verano), las precipitaciones en el período poco lluvioso; la escases de agua en los meses lluviosos, grandes precipitaciones en invierno así como: la Influencia anticiclónica sobre el área con la ocurrencia de inundaciones costeras moderadas y fuertes.

Los escenarios bioclimáticos futuros constituyen el principal desafío para garantizar el desarrollo de explotaciones ganaderas, así como su seguridad ambiental y alimentaria, lo que sólo será posible mediante la gestión sostenible de los recursos, sobre la base de la eficiencia, el ahorro y su protección en la primera comunicación nacional de Cuba en la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático (IPCC, 2014).

Sobre la ganadería: Solano (2016) señaló dentro de las afectaciones que se producirán: - Una disminución generalizada de la disponibilidad de alimentos debido a la merma en la producción potencial de biomasa en los pastos, especialmente en la región oriental del país, debido a la evolución de los paisajes cubanos hacia

ecosistemas más áridos y más susceptibles a los procesos de desertificación; - La merma en la disponibilidad de agua para el consumo directo por los animales y para otros usos de las tecnologías empleadas;- Una reducción de las condiciones de confort y salud de los animales de crianza y; - La afectación en la productividad del ganado por los aspectos anteriormente referidos.

Interpretar el comportamiento predictivo de las variables climáticas (anomalías) según modelo regional de cambio climático, implicadas en los escenarios específicos de cada sistema en estudio, así como escenarios bioclimáticos resultantes del efecto del cambio climático para el desarrollo de las explotaciones ganaderas permitirá elaborar proyecciones futuras y ajustar los sistemas de producción a los futuros escenarios bioclimáticos.

El objetivo de este análisis es reflexionar acerca de los escenarios bioclimáticos como descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar, y a partir de la información histórica y la generación de modelos físicos, matemáticos, estadísticos y/o geográficos, aproximarse al posible comportamiento que las variables climáticas tendrán en el futuro con utilidad en el planeamiento estratégico de políticas de control de las emisiones y de adaptación.

## **DESARROLLO**

¿Qué son los escenarios climáticos?

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2007) – IPCC (por siglas en inglés), los escenarios climáticos son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro. La metodología empleada para la construcción de escenarios varía de acuerdo al propósito de la evaluación. Por muchos años, los escenarios han sido utilizados por los gobiernos en los ámbitos empresariales y militares como base para el planeamiento estratégico y pueden requerirse para: -Ilustrar el cambio climático (en términos del clima presente), -Proyección de las consecuencias potenciales del cambio climático, como, por ejemplo, estimar el cambio futuro de la vegetación natural e identificar especies en riesgo, -Planeamiento estratégico ante riesgos de incrementos de nivel del mar y de inundaciones, -Desarrollar políticas de control de las emisiones y de adaptación.

Según Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático son una descripción estimable sobre cómo puede desarrollarse el futuro. Esta descripción se basa en un conjunto de variables y supuestos sobre fuerzas y relaciones de cambio claves, que pueden originar un convincente posible estado futuro del mundo. Son la mejor forma que tiene la ciencia para, a partir de la información histórica y la generación de modelos físicos, matemáticos, estadísticos y/o geográficos, aproximarse al posible comportamiento que las variables climáticas tendrán en el futuro (IPCC, 2010).

Según Ruiz (2007) el primer paso para este conocimiento de efectos de cambio del clima sobre un área determinada es la generación de escenarios de cambio climático regionales y locales, los cuales parten de información altamente elaborada a partir de modelos globales del clima. Los datos que un modelamiento del clima futuro ofrece, son el insumo principal para determinar vulnerabilidades en el recurso hídrico, en la salud, en la agricultura, en la infraestructura.

#### Generalidades sobre modelación del clima

Es reconocido que los Modelos de Circulación General Acoplados de la Atmósfera y el Océano (MCGAO) constituyen la herramienta básica para simular el cambio climático bajo la influencia del incremento del forzamiento de los gases de efecto de invernadero (GEI). Los más avanzados incluyen varios componentes totalmente acoplados (atmósfera, océano, hielos marinos, vegetación terrestre e hidrología); otros también representan los efectos de los aerosoles atmosféricos, en particular los sulfatos y carbonatados; mientras que un conjunto menor incluye explícitamente el ciclo del carbono y las retroalimentaciones sobre los GEI atmosféricos (Friedlingstein et al, 2006).

Existen retos grandes y parcialmente conflictivos para la modelación del cambio climático. Por una parte, se requiere de información a escalas espaciales relativamente pequeñas, obligando al empleo de técnicas conocidas como reducción de escala, debido a que la resolución espacial de los modelos globales (del orden de cientos de kilómetros), es insuficiente para muchos estudios de evaluación de impactos. Por otra parte, también es necesario que los estudios de impacto consideren

la llamada incertidumbre de escenarios (Jenkins y Lowe, 2003) y la denominada incertidumbre de modelación (Murphy et al, 2004).

La primera está asociada con las futuras emisiones de gases de efecto invernadero, la política económica y ambiental, así como el crecimiento poblacional; mientras que la segunda se vincula a las incertidumbres de los procesos de modelación del clima, las cuales provocan que diferentes modelos produzcan diferentes resultados (incluyendo el signo de los cambios esperados) en regiones particulares (Rivington et al, 2008, Murphy et al, 2004). Los retos y conflictos se relacionan entonces con las posibilidades reales de generar proyecciones espacialmente detalladas incorporando las incertidumbres mencionadas. Esto sólo puede lograrse realizando un conjunto de múltiples simulaciones de largo período, las cuales sólo se han desarrollado en pocas regiones, ubicadas mayoritariamente en el hemisferio norte, mediante la realización coordinada de proyectos como el proyecto europeo PRUDENCE (Christensen et al, 2006) o el de América del Norte NARCCAP (Mearns, 2004).

#### Algo de historia sobre escenarios climáticos

Los primeros escenarios de cambio climático elaborados en muchos países del Caribe se desarrollaron sobre la base de un modelo climático simple de balance de energía/difusión a floramiento, denominado como MAGICC (Wigley y Raper, 1992). MAGICC fue combinado con la base de escenarios climáticos SCENGEN, que en ese momento conformaban la versión 2.4 de la herramienta MAGICC/SCENGEN (Hulme et al, 2000). La posibilidad de utilizar MAGICC/SCENGEN en sus diferentes versiones facilitó el análisis de proyecciones futuras sobre un espectro amplio de forzamientos radiactivos, al considerar varios escenarios de emisiones, y de patrones climáticos de respuesta, al tomar en cuenta varios modelos climáticos (incertidumbres de escenarios y modelos, respectivamente). A pesar de esos rasgos positivos y útiles, la baja resolución espacial de los resultados se convirtió en una limitante importante para la realización de evaluaciones de impactos espacialmente detalladas y, por lo tanto, redujo la posibilidad de considerar o identificar impactos y medidas de adaptación que tomen en cuenta las características particulares de las localidades y provincias. Se limitó, por tanto, el necesario enfoque local de la adaptación al cambio climático.

En atención a las limitaciones anteriores, diferentes países de la región se unieron en una especie de marco de cooperación para enfrentar el tema de la reducción de escala por medios dinámicos, sobre la base de la asimilación y empleo del modelo climático regional HadRM3P encapsulado dentro del sistema de modelado regional PRECIS4 (Jones et al, 2004). Conceptualmente, la reducción de escala se asocia a las técnicas de generar información en una resolución espacial más baja que la ofrecida por los modelos globales y requieren del uso de métodos dinámicos o estadísticos (Mears et al., 2003, y Wilby et al., 2004, respectivamente). El hecho de que los Modelos Climáticos Regionales (MCR) dejen de ser un “juguete” utilizado por los países desarrollados y se hayan elaborado con la flexibilidad de ser empleados con mayor facilidad por centros de investigación en países menos desarrollados, es una indudable coyuntura favorable al nacimiento de la iniciativa caribeña (Taylor et al, 2013).

#### El Sistema de Modelado PRECIS

PRECIS es un sistema de modelación climática regional desarrollado por el Centro Hadley del Reino Unido, que puede ser ejecutado en computadoras personales. El sistema está compuesto por: a) un modelo atmosférico y de la superficie terrestre (HadRM3P), que puede ser aplicado a cualquier área del globo terrestre para generar proyecciones detalladas del cambio climático; b) una interfase simple para fijar los parámetros y ejecutar el modelo; y c) un paquete de visualización y procesamiento de datos que permite mostrar y manipular los resultados del MCR. (Jones et al, 2004). El modelo HadRM3P encapsulado dentro de PRECIS tiene 19 niveles en la vertical y permite escoger entre dos resoluciones espaciales: 50 km, como se utiliza en esta investigación y es el estándar para grandes áreas (Marengo et al, 2009) y 25 km para áreas más pequeñas donde la mayor resolución es particularmente importante.

Como puede suceder con otros MCR, el diseño de los experimentos en PRECIS consideró diferentes aspectos que pueden ser resumidos en los tres elementos siguientes: a) el dominio o región geográfica sobre la cual el MCR es corrido; b) la fuente de donde provienen los datos de las condiciones de contorno; y c) los datos sobre las emisiones/concentraciones de gases de efecto invernadero.

El dominio para el cual se desarrollaron los experimentos realizados con PRECIS puede apreciarse en la Figura 1.1. Este dominio fue diseñado como un dominio preliminarmente óptimo, considerando que el mismo era lo suficientemente reducido como para poder realizar los diferentes experimentos con los recursos computacionales disponibles, y lo suficientemente grande para captar la influencia de las señales extra tropicales, así como la que proviene de las regiones atlántica y pacífica, la cual tiene un impacto reconocido en el comportamiento de las variables y procesos meteorológicos de la región interna del dominio. El área comprendida entre los límites exterior e interior del dominio se corresponde con la zona “buffer”, cuyos datos no son considerados.

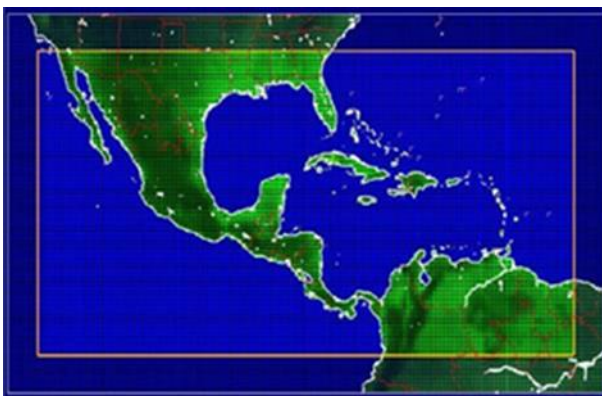


Figura 1. Dominio del modelo PRECIS fijado para la realización de los experimentos.

Los escenarios de emisiones.

Existen escenarios del “posible clima futuro”, que son derivados de los escenarios de posibles emisiones futuras de gases de efecto invernadero, los cuales se utilizan en modelos climáticos como elemento introducido para el cálculo de proyecciones climáticas. Cualquier descripción posible del clima futuro dependerá de asunciones sobre las emisiones futuras de los gases de invernadero y otros agentes contaminantes; es decir, dependerán de la opción del panorama de las emisiones. Un panorama en el cual la emisión de gases de invernadero es baja, debe conllevar a un cambio menos rápido del clima que uno en el cual las emisiones son altas. Un panorama del cambio del clima por lo tanto es una descripción coherente de un cambio futuro del clima bajo asunciones específicas sobre el crecimiento de emisiones de

gases de invernadero y de otros agentes contaminantes y sobre otros factores que puedan influenciar en el clima futuro. (Blanca, 2010)

En el 2000, el IPCC finalizó su Reporte Especial de Escenarios de Emisiones (REEE). Estos nuevos escenarios examinan el período de 1990 al 2100 e incluyen diversos supuestos socioeconómicos como la población mundial y el producto interno bruto. Los escenarios REEE se han utilizado como base de las proyecciones climáticas de modelos de circulación general de la atmósfera (MCG) y modelo acoplados. Los escenarios comprenden una línea evolutiva similar en lo que respecta a sus características demográficas, sociales, económicas y de cambio tecnológico y está constituido de cuatro familias de escenarios: A1, A2, B1 y B2.

A1. La familia de escenarios y línea evolutiva A1 describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido; la población mundial alcanza su nivel más alto a mitad de siglo y disminuye posteriormente, produciéndose una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficientes. Las cuestiones más importantes son la interacción cultural y social entre las regiones y la capacitación, con una importante reducción de las diferencias regionales en los ingresos per cápita. La familia de los escenarios A1 se divide en tres grupos que describen las distintas direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: fuentes de energía intensivas de origen fósil A1F1, de origen no fósil (A1T) o un equilibrio entre todas las fuentes A1B (el equilibrio se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso final).

A2. La familia de escenarios y línea evolutiva A2 describe un mundo muy heterogéneo. La cuestión subyacente es la autosuficiencia y preservación de las identidades locales. Los perfiles de fertilidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea un aumento continuo constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.



B1. La familia de escenarios y línea evolutiva B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial, que alcanza su nivel más alto a mediados del siglo para disminuir posteriormente, como línea evolutiva A1, pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de la información y de los servicios, con reducciones en el consumo de materiales e introducción de tecnologías limpias y de recursos eficaces. En esta línea evolutiva se hace hincapié en las soluciones mundiales a la sostenibilidad económica social y ambiental, lo que comprende una mejora de la equidad.

B2. La familia de escenarios y línea evolutiva B2 describe un mundo en el que se hace hincapié en las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Se trata de un mundo cuya población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva A2, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos y más variados que en las líneas evolutivas B1 Y A1. Aunque el escenario también está orientado hacia la protección ambiental y a la equidad social, se centra en las escalas: local y regional.

#### Modelos climáticos globales

La representación matemática del comportamiento de la atmósfera se hace a partir de las ecuaciones básicas que describen el flujo de masas de aire, el equilibrio térmico, el equilibrio hidrostático, el balance energético, la continuidad del aire seco y la continuidad de la humedad, principalmente. A este conjunto de ecuaciones se le denomina Modelo. Cuando el interés es, además, representar el comportamiento atmosférico de todo el planeta, se dice que el modelo es global, y si se desea simular los patrones generales de las variables atmosféricas a través del tiempo y su respuesta ante los cambios de factores que influyen en su comportamiento, tales como la radiación o el incremento de los gases de efecto invernadero, se dice que el modelo es climático. (Blanca, 2010)

La realización de estos modelos requiere de técnicas de cálculo especiales para resolver el conjunto de ecuaciones antes mencionadas y para tal efecto, es necesario contar con una plataforma computacional de características importantes. Grandes institutos de investigación en Europa, Estados Unidos, Japón y Australia han desarrollado modelos climáticos globales, los han forzado con incrementos en las

concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera según los escenarios de emisión previstos por el IPCC o por otros escenarios de emisiones que responden a algún caso especial de estudio, y los han puesto a disposición de la comunidad científica y en especial, al IPCC, para que sea posible evaluar los probables cambios en las variables climáticas según la ocurrencia de cada escenario de emisiones (IPCC, 2000).

Los modelos climáticos regionales son una versión de la regionalización dinámica (dynamical down scaling) de los modelos globales. Un ejemplo de modelo climático regional es el PRECIS (Providing Regional Climate Scenarios for Impacts Studies) que utiliza como entrada los datos de un modelo global (resolución espacial de 150x150 kilómetros, aprox) para generar información más detallada, considerando el detalle (en grilla de 25x25 kilómetros) de la topografía y el uso del suelo. PRECIS ha sido utilizado para estimar futuros climas a partir de diferentes escenarios posibles de emisiones para los años 2070 y 2100.

Elaboración de escenarios de cambio climático regional o local

La generación de escenarios regionales y locales se puede lograr utilizando modelos dinámicos que simulen el comportamiento de la atmósfera a través de las ecuaciones de la física a la cual responden o modelos estadísticos que se basan en registros reales de las variables meteorológicas expresando en funciones de distribución de probabilidad el comportamiento histórico de las variables meteorológicas. Existen modelos dinámicos que son refinados con técnicas estadísticas, es decir, son sistemas híbridos para modelar el clima regional presente y futuro. (IPCC 2014)

La forma común de utilizar los modelos dinámicos regionales es aprovechar su capacidad de simular dominios cercanos a los 5000 km x 5000 km para obtener una aproximación clima presente en una resolución mayor a la que dan los modelos globales. Es necesaria una validación del modelo comparándolo con los datos climáticos observados en varios años, se recomienda mínimo 30 años y realizar los ajustes que requiera el modelo para que los resultados obtenidos al modelar el clima presente sean satisfactorios de acuerdo con los registros reales.

¿Qué actividades serían útiles en el futuro a propósito de los escenarios de emisiones?

Creación de capacidad, particularmente en los países en desarrollo, para la utilización de instrumentos de modelización y de escenarios de emisiones.

Metodologías basadas en una multiplicidad de líneas evolutivas y de modelos, en el análisis futuro de escenarios; Nuevas actividades de investigación que permitan evaluar la evolución futura de las más importantes fuerzas originadoras de GEI, con un mayor grado de detalle a nivel regional, subregional y sectorial, de modo que se establezca una relación más clara entre los escenarios de emisiones y las opciones de mitigación.

En los modelos, una mejora de las especificaciones y de los datos, y también una mayor integración, de los sectores que generan GEI distintos del CO<sub>2</sub> y de los sectores distintos del energético, como los de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, así como una intercomparación de modelos que permita mejorar los escenarios y los análisis.

En las emisiones de los modelos, integración de las partículas, el hidrógeno o los precursores de aerosoles de nitratos con procesos (por ejemplo, en forma de efectos recíprocos del cambio climático sobre las emisiones) que puedan influir apreciablemente en los resultados y análisis de los escenarios.

Desarrollo adicional de emisiones reticuladas para los escenarios, con objeto de facilitar las evaluaciones a nivel regional.

Evaluación de estrategias que cubran múltiples prioridades nacionales, regionales o mundiales.

Desarrollo de métodos que permitan totalizar de manera científica y adecuada los datos sobre las emisiones.

Desarrollo de un sistema de clasificación de los escenarios que los agrupe en escenarios de intervención y de no intervención.

Consideraciones finales.

Se desconoce en Cuba y en muchos países la probabilidad de pronosticar la variación de los valores que alcancen las variables climáticas y con ello la respuesta específica de los organismos biológicos, incluidas las especies animales de producción pecuaria. Conocer los aspectos teóricos básicos del proceso de modelación y elaboración de escenarios así como su evolución científica, contribuirá a divulgar su aplicación en las

diferentes esferas productivas que dependen del clima, como son la agricultura y específicamente la producción pecuaria.

## CONCLUSIONES

En la adaptación al cambio climático, el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación es primordial; y el comienzo está en el entendimiento del cambio climático. Es importante el reconocimiento de las potencialidades que existen en los ecosistemas para la adaptación. Para adaptarse hay que conocer como cambiará el clima, elaborar escenarios bioclimáticos que permitan vislumbrar desde el presente las condiciones climáticas futuras, como una herramienta, para trazar un modelo apropiado a las condiciones climáticas del futuro y desarrollar programas de mejora en función de reordenar los sistemas de producción. El conocimiento de las bases teóricas de la modelación y elaboración de escenarios climáticos contribuirá a su divulgación y aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCA, E. (2010). Generación de escenarios de cambio climático, regionales y locales a partir de modelos globales - guía para tomadores de decisiones. Subdirección de Meteorología. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Bogotá, Colombia.
- CENTELLA, A.; BEZANILLA, A. y LESLIE, K. (2009). A Study of the Uncertainty in Future Caribbean Climate Using the PRECIS Regional Climate Model. Technical Report, Community Caribbean Climate Change Center, Belmopan, 16 p.
- CHRISTENSEN, H. ... [et al.] (2006). Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and 32 New York, NY, USA.
- FRIEDLINGSTEIN, P. ... [et al.] (2006). Climate – carbon cycle feedback analysis: results from the C4MIP model intercomparison. *Journal of climate*. Vol.19, No. 14, pp. 3337-3353.

- HULME, M. ... [et al.] (2000). Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook, Climatic Research Unit, Norwich, UK, 52 p.
- IPCC (2000). The Intergovernmental Panel on Climate Change: SRES: Special Report on Emissions Scenarios. New York, USA.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2010). Escenarios de emisiones. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ISBN: 92-9169-413-4.
- IPCC (2014). Intergovernmental Panel Climate Change. Cambio climático: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 p.
- JENKINS, G y LOWE, J. (2003). Handling uncertainties in the UKCIP02 scenarios of climate change Hadlen Center Tech Note 44. UK: Met Office.
- JONES R. ... [et al.] (2004). Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Met Office Hadley Center, Exeter, UK, 40 p.
- LAMICHHANE, J. ... [et al.] (2014). Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. *Agron Sustain Dev.* No. 35, pp. 443–459. doi:10.1007/s13593-014-0275-9.
- MARENGO, J. ... [et al.] (2009). Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from 34 35 the PRECIS regional climate modeling system. *Int J Climatol.* DOI:10.1002/joc.
- MEARNS, L. (2004). NARCCAP North American regional climate change assessment program A multiple AOGCM and RCM climate scenario project over North America. AGU Fall Meeting. 12/17/2004. San Francisco.

- MEARNS, L. ... [et al.] (2003). Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments, IPCC Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Analysis, 38 p.
- MURPHY, J. ... [et al.] (2004). Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations. *Nature*. No. 430, pp. 768–772.
- RAISANEN, J. (2007). How reliable are climate models? *Tellus A*, Vol. 59, No. 1: p. 2.
- RIVINGTON, M. ... [et al.] (2008). Evaluating Regional Climate Model estimates against site-specific observed data in the UK. *Climatic Change*. Vol. 88, No. 2, pp.157–185.
- RUIZ, F. (2007). Escenarios de Cambio Climático, Algunos Modelos y Resultados de Lluvia para Colombia Bajo el Escenario A1B. Nota técnica. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- SOLANO, O. (2016). Cambio climático y variabilidad del clima en Cuba. Algunos resultados científicos de interés agrario. Febrero 23-marzo 4, 2016 Varadero, Cuba.
- TAYLOR, M. ... [et al.]. (2013). The précis Caribbean Story: Lessons and Legacies. *Bul. Am Meteorol. Soc.* Vol. 94, No. 7, pp. 1065-1073.
- WIGLEY, T. y RAPER, S. (1992). Implications for climate and sea level of revised IPCC emissions scenarios. *Nature*. No. 357, pp. 293-300.
- WILBY, R. ... [et al.] (2004). Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods, IPCC Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Analysis, 27 p.