

ESCENARIOS DE CLIMA FUTURO PARA LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY. POSIBLE INFLUENCIA SOBRE LAS PLANTACIONES FORESTALES DE DISTRIBUCIÓN MEDITERRÁNEA

SCENARIOS FOR FUTURE CLIMATE CAMAGÜEY PROVINCE. POSSIBLE INFLUENCE ON THE MEDITERRANEAN FOREST PLANTATION OF DISTRIBUTION

LIC. LORGE ACOSTA-BROCHE,¹ LIC. ZOLTAN I. RIVERO-JASPE,² LIC. ROGER E. RIVERO-VEGA² Y M. SC. LEICET
DÍAZ-VARONA¹

¹ Instituto de investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal de Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte 178, Los Coquitos, Camagüey, Cuba, camaguey@forestales.co.cu.

² Centro Meteorológico de Camagüey. Carretera de Nuevitas Km 7½, Camagüey, Cuba, Apdo. 160, C. P. 70100, zoltan@met.cmw.inf.cu; roger@met.cmw.inf.cu

RESUMEN

A partir de los datos suministrados por las seis estaciones meteorológicas de la provincia se calcularon las variables temperatura media, temperatura mínima, temperatura máxima y acumulado de precipitaciones para el periodo 1976-2005; con esos datos se confeccionó la línea base del clima provincial y se les aplicaron las variaciones consideradas por el modelo HadCM3 para el escenario de emisiones SRES A2, y se calcularon los valores de las variables mencionadas para periodos de treinta años alrededor de 2050 (2036-2065) y 2100 (2085-2115). Los resultados muestran una tendencia a la aridez en toda la provincia, verificada por el aumento de la temperatura media y la disminución de las precipitaciones en todos los escenarios. Estas condiciones pudieran provocar una disminución considerable del crecimiento y productividad de la mayoría de las especies manejadas en plantaciones forestales en la provincia, y hacia 2100 la interrupción del periodo de crecimiento de las especies caducifolias debido a una segunda caída de las hojas en el mismo año a causa de la magnitud y extensión temporal de la sequía estival.

Palabras claves: cambio climático, escenario, plantaciones forestales, impactos.

ABSTRACT

Using climatic observations taken by the six operational meteorological stations belonging to the province of Camagüey, mean monthly values of precipitation, maximum, minimum and ordinary temperature for the period 1976-2005 were calculated for each station and used to create a reference climate dataset. Changes predicted by the HadCM3 global climate model with greenhouse gasses emission scenario SRES A2 were applied to the climate variables in the reference climate dataset in order to obtain their predicted values for two 30 years period centered in 2050 (2036-2065) and 2100 (2085-2115). Results obtained show a trend to aridity in the province, given by an increase in mean temperatures and a general decrease in precipitation for all scenarios. These conditions could imply a sizable decrease in growth and productivity of most managed species in forest plantations and, at the end of the century, the interruption of the growth period of deciduous species because of a second stage of leaf falling every year given the expected increase in magnitude and length of the so-called summer drought.

Key words: climate change, scenario, forest plantations, impacts.

INTRODUCCIÓN

En las evaluaciones de impacto del cambio climático sobre los sistemas agrícolas y forestales el primer paso es crear las líneas bases del clima y socioeconómica para un período previamente establecido de al menos treinta años [Rivero, 2008]. Una vez cumplido este paso, pueden generarse los escenarios de cambio climático, empleando las variaciones que predicen los modelos de clima global o regional, de acuerdo con los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) seleccionados.

En Cuba la información referida al patrimonio forestal se maneja desde el nivel municipal [DNF, 2011], de ahí que sea factible utilizar el municipio como la menor unidad de estudio, y en consonancia diseñar la estrategia adaptativa ante el cambio climático a ese nivel. Siendo así, la línea base climática y los escenarios de cambio deben generarse para cada municipio, y sobre esa base identificar los impactos esperados sobre su patrimonio forestal.

Estudios previos [Rivero y Rivero, 2004, Rivero *et al.*, 2000] han destacado que la tendencia a la aridez inducirá la evolución del clima de la provincia de Camagüey de bosques estacionalmente húmedos a bosques cada vez más secos, y sabanas con menor densidad potencial de biomasa y de productividad primaria neta.

Si bien estos resultados reflejan cuál será la situación de los bosques en la provincia a nivel ecosistémico, para la entidad administradora del patrimonio forestal, en este caso la Empresa Forestal Integral Camagüey (EFIC), sería más útil conocer cómo respondería cada una de las especies manejadas en plantaciones de cada municipio ante el aumento de la aridez.

Según Markesteijn (2010), la disponibilidad de agua en el suelo determina la composición, la estructura de la comunidad y el funcionamiento de los bosques tropicales, por lo que en escenarios de clima futuro es de vital importancia estimar cómo influirán las variaciones del clima en dicho factor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Creación de la base de datos de los valores mensuales de las variables climáticas principales para los municipios de la provincia de Camagüey en el período 1976-2005.

A partir de los datos correspondientes al período 1976-2005 suministrados por las seis estaciones meteorológicas con que cuenta el Centro Meteorológico Provincial de Camagüey (Tabla 1), se calcularon los valores de las variables temperatura media, temperatura mínima y temperatura máxima para un punto cercano al centro geográfico de cada municipio, cuyas coordenadas se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 1
Coordenadas geográficas de los puntos sobre los cuales se calcularon las variables climáticas en cada municipio

| <i>Municipio</i> | <i>Longitud (W)</i> | <i>Latitud (N)</i> | <i>Municipio</i> | <i>Longitud (W)</i> | <i>Latitud (N)</i> |
|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Camagüey* | 77° 56' 57" | 21° 23' 16" | Najasa | 77° 45' 29" | 20° 58' 22" |
| Céspedes | 78° 17' 11" | 21° 38' 19" | Nuevitas* | 77° 14' 19" | 21° 30' 48" |
| Esmeralda* | 78° 00' 43" | 21° 47' 59" | Santa Cruz del Sur* | 77° 59' 49" | 20° 47' 27" |
| Florida* | 78° 16' 39" | 21° 25' 57" | Sibanicú | 77° 35' 06" | 21° 13' 47" |
| Guáimaro* | 77° 20' 14" | 21° 13' 14" | Sierra de Cubitas | 77° 47' 38" | 21° 38' 51" |
| Jimaguayú | 77° 51' 45" | 21° 10' 44" | Vertientes | 78° 15' 45" | 21° 04' 17" |
| Minas | 77° 34' 12" | 21° 33' 07" | | | |

* Municipios con estación meteorológica.

Esos valores se determinaron utilizando el método de interpolación del inverso del cuadrado de la distancia, extensamente usado cuando no se poseen observaciones directas para un territorio determinado [Grieser, 2006]. El uso de esta técnica es consistente con resultados anteriores sobre la evolución de la aridez en Cuba [Rivero y Rivero, 2011].

En este trabajo se asume que los valores obtenidos para cada punto geográfico son representativos de todo el territorio del municipio que lo contiene y se utilizaron para describir la línea base del clima de la provincia.

Los datos de precipitaciones para el período 1961-2000 fueron obtenidos del INRH (2008).

Escenarios de cambio para las variables estudiadas

Para calcular los cambios de las variables climáticas en escenarios futuros se utilizó el programa MAGICC/SCENGEN 4.1. Con este *software* se corrieron los modelos de circulación general HadCM3 y ECHAM4 usando como fuente de forzamiento la concentración de GEI

del escenario SRES A2 [IPCC, 2001]. Estas variaciones se calcularon para períodos de treinta años alrededor de 2050 (2036-2065) y 2100 (2086-2115), y se aplicaron a los valores de las variables obtenidos en el clima base de cada municipio de la provincia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las variables estudiadas para el período 1976-2005 fueron utilizados para conformar la línea base del clima de la provincia. No se muestran y discuten los resultados en cuanto a temperatura mínima y máxima debido a que estas serán utilizadas en trabajos posteriores para calcular varios índices bioclimáticos.

Línea base del clima de la provincia

La temperatura media

La temperatura media anual de la provincia en el período estudiado fue de 25,7 °C, con una marcha anual (Fig. 1) que mostró el valor mínimo en enero, con 22,9 °C, y el máximo en agosto con 28,0 °C.

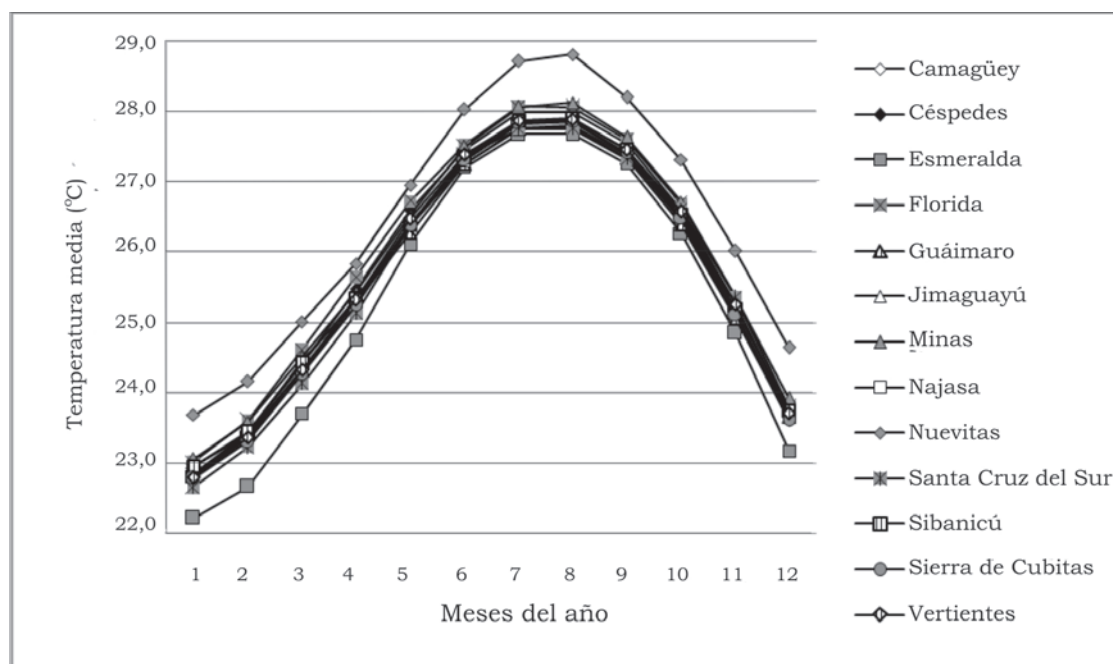


Figura 1. Temperatura media mensual municipal en la provincia de Camagüey para el período 1976-2005 (clima base).

Durante el mes más frío del año las temperaturas medias municipales (T_{mun}) variaron entre un mínimo de 22,2 °C en Esmeralda, y un máximo de 23,7 °C en Nuevitas, con valores cercanos a la media para Florida, Guáimaro y Jimaguayú.

En el mes más caliente del año las T_{mun} variaron entre un mínimo de 27,7 °C en Esmeralda y un máximo de 28,8 °C en Nuevitas, con valores similares a la media provincial en el resto de los municipios.

La pluviosidad

Por su parte, el acumulado medio anual de la provincia en este período fue de 1271,8 mm con

una marcha anual que presentó el valor mínimo en diciembre con 28,1 mm y un máximo en junio con 193,8 mm.

Como es típico en Cuba [Centella *et al.*, 2006], el comportamiento de las precipitaciones en la provincia (Fig. 2) fue marcadamente estacional, correspondiendo el periodo poco lluvioso entre noviembre y abril (298,2 mm), y el lluvioso de mayo a octubre (973,6 mm). Igualmente en julio y agosto ocurrió la conocida sequía interestival, que se corresponde con una disminución de los acumulados de precipitaciones.

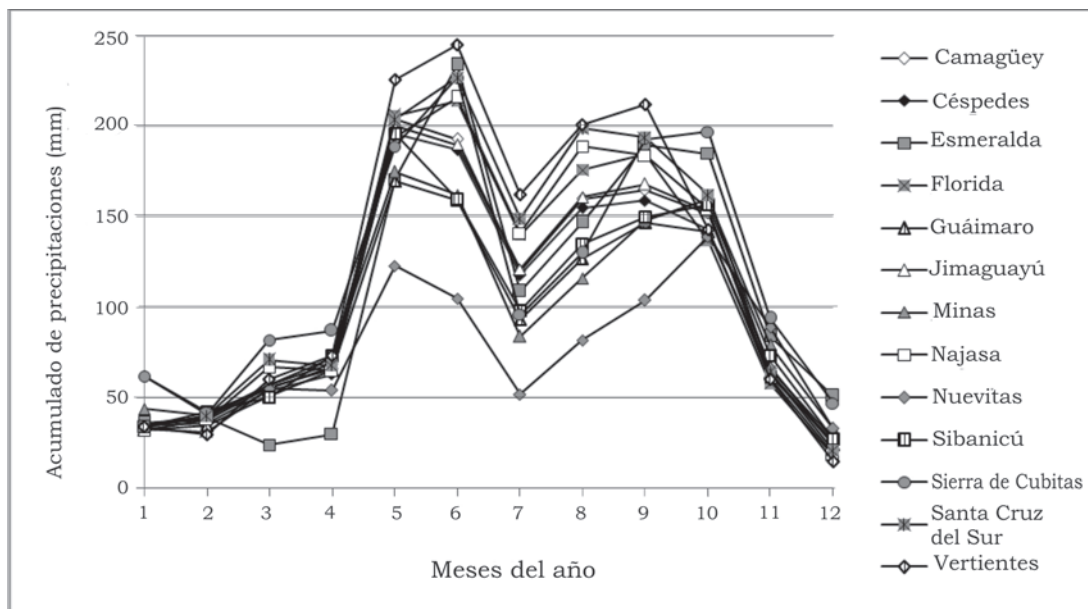


Figura 2. Marcha anual de la pluviosidad media mensual municipal en la provincia de Camagüey para el período 1961-2000 (clima base).

Por su parte, en junio la pluviosidad media municipal varió desde un mínimo de 105 mm en Nuevitas a un máximo de 245 mm en Vertientes, siendo Jimaguayú (190 mm) y Camagüey (193 mm) los más cercanos a la media provincial.

Durante diciembre la pluviosidad media municipal varió desde un mínimo de 15 mm en Vertientes a un máximo de 51 mm en Esmeralda, con Sibanicú (27 mm) y Camagüey (27 mm) con los valores más cercanos a la media provincial.

En cuanto a los acumulados municipales anuales, se destaca Vertientes (1409,9 mm), siendo las mayores diferencias (Fig. 3) con los

municipios de Nuevitas (-35,66 %) y Guáimaro (-24,09 %).

La temperatura ambiente vs. pluviosidad

De acuerdo con la Fig. 4, en cuanto a la combinación de ambos factores durante el período, nueve de los trece municipios de la provincia se ubican en el cuadrante inferior derecho, que agrupa los valores de temperatura superiores, y de acumulado de precipitaciones inferiores a sus respectivos valores medios nacionales, al tiempo que Vertientes, Santa Cruz del Sur, Sierra de Cubitas y Najasa registran valores de pluviosidad superiores a la media nacional.

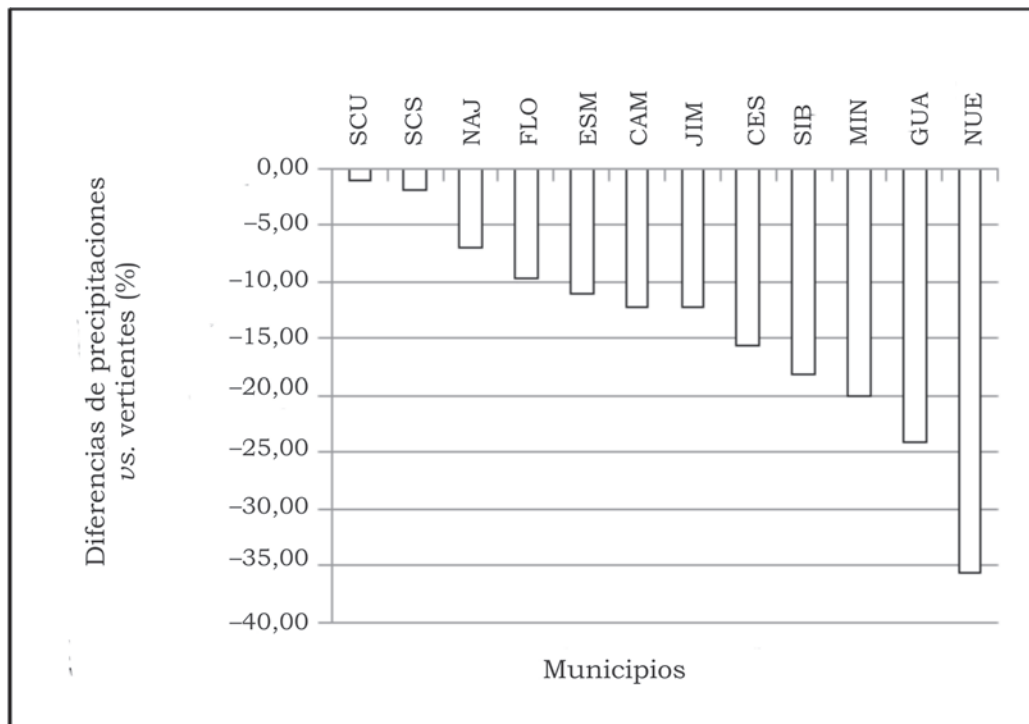


Figura 3. Diferencias en los acumulados municipales mensuales respecto al municipio más lluvioso (Vertientes).

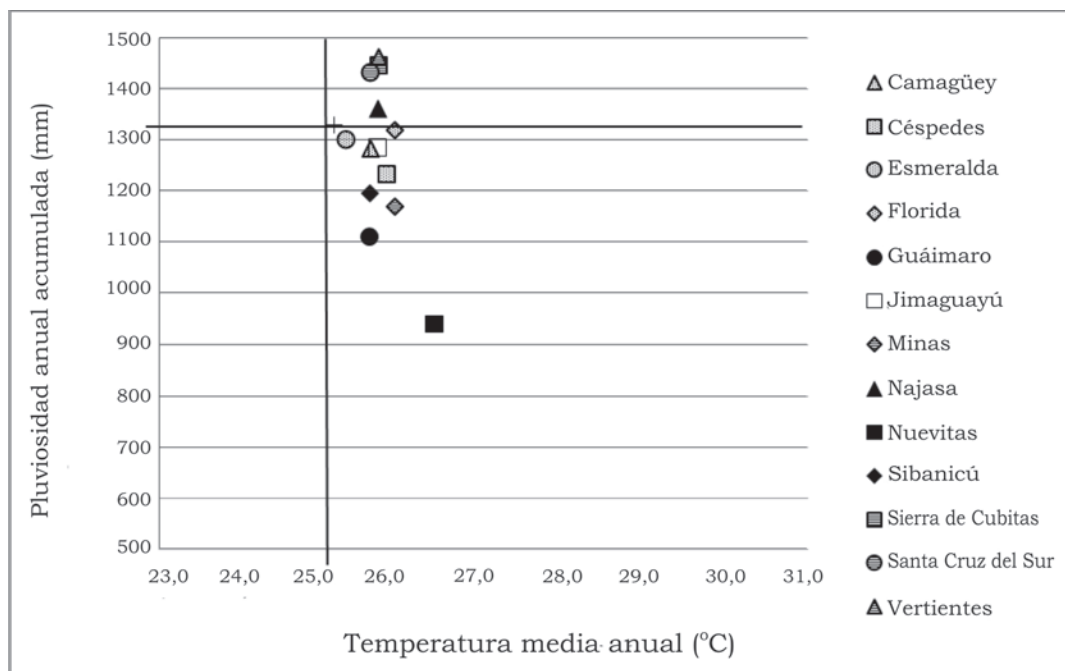


Figura 4. Distribución de los municipios con respecto a las medias nacionales de temperatura media y pluviosidad (líneas en negro). Temperatura media nacional (1979-2000) = 25,15 °C [INSMET, 2008, en Álvarez *et al.*, 2011], acumulado medio anual de precipitaciones (1961-2000) = 1329,7 mm [INRH, 2008, en Álvarez *et al.*, 2011].

Escenarios de clima futuro

Para determinar los valores de clima más extremos en 2050 y 2100 se compararon los valores de las variables estudiadas en escenarios de clima futuro obtenidos a partir de los modelos de circulación general ECHAM4 y HadCM3, resultando más extremos los datos obtenidos con este último.

La temperatura media

En el caso de la temperatura media, las variaciones (Fig. 5) para 2050 estarán en el orden de 1,2 °C en abril a 1,6 °C de junio a octubre. Desde el punto de vista geográfico existe una tendencia a la uniformidad en toda la provincia, al punto

que las diferencias entre el mayor valor de la temperatura media anual, correspondiente al municipio de Nuevitas, y el menor a Esmeralda, son apenas 1,1 °C.

Posteriormente, para 2100 el modelo refleja variaciones con respecto al clima base desde 3,2 °C en abril a 4,6 °C de junio a octubre, y desde el punto de vista geográfico la tendencia a la uniformidad observada en 2050, con la salvedad que los menores valores de la temperatura media anual corresponden al municipio de Esmeralda y los mayores a Nuevitas, y son muy similares para los 11 municipios restantes.

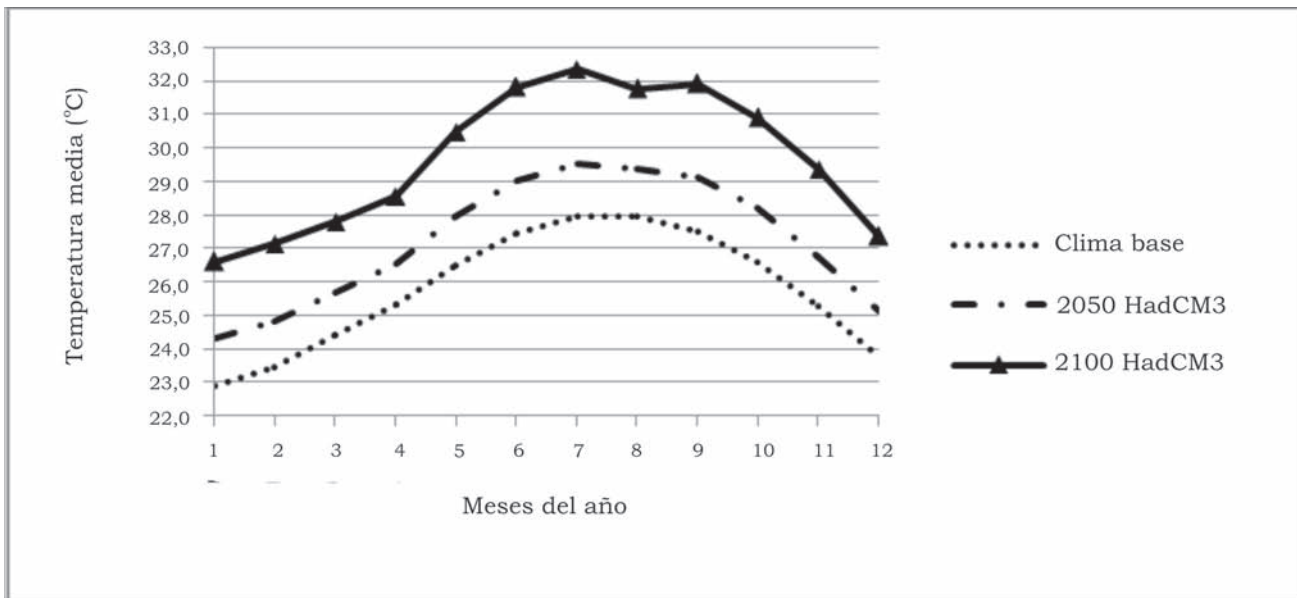


Figura 5. Temperatura media mensual en la provincia de Camagüey para el clima base y los años 2050 y 2100 para el modelo de circulación global HadCM3 y el escenario de emisiones SRES A2.

La pluviosidad

En cuanto a la estacionalidad de las lluvias (Fig. 6), para 2050 se observa solo el máximo típico de mayo-junio, y no así el de septiembre-octubre, concentrándose los mayores acumulados solo en octubre. Hacia 2100 la disminución en los acumulados de junio y septiembre y el aumento en noviembre, mes en el que la zona de Nuevitas registra valores típicos de la estación lluviosa ya en el clima base, provocarán que el primer máximo de lluvias sea de solo un mes (mayo) y se desplace el segundo máximo hacia octubre-noviembre,

por lo que el periodo de sequía estival abarcará desde mayo a septiembre.

Los acumulados de precipitaciones mensuales variarán para 2050 desde +26,5 % para noviembre hasta -25,3 % en septiembre, con una disminución del acumulado anual de la provincia del 11,7 %. Debe destacarse que solo en mayo los acumulados serán superiores al acumulado medio mensual del período lluvioso del clima base. Para 2100 los valores extremos de las variaciones serán de +70,9 % en noviembre, hasta -67,6 % en septiembre, siendo la disminución del acumulado anual de la provincia del 22,7 %.

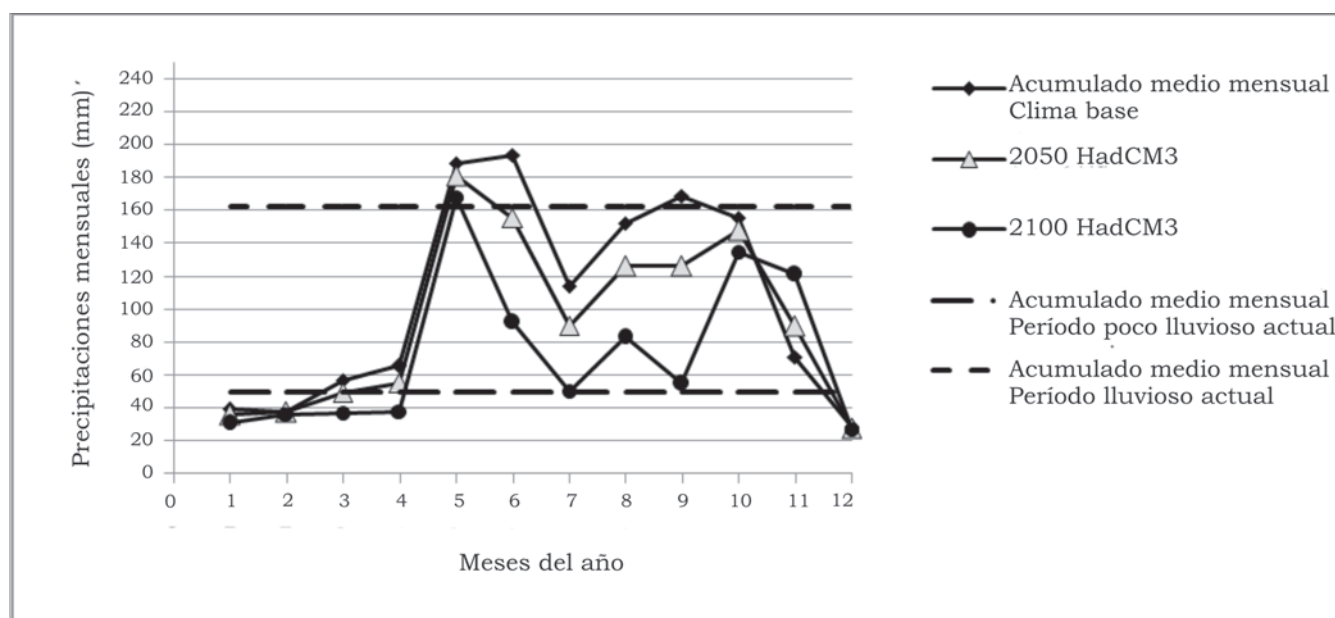


Figura 6. Marcha anual de la pluviosidad media mensual en la provincia de Camagüey para el clima base y los años 2050 y 2100, y el modelo de circulación global HadCM3 para el escenario de emisiones SRES A2.

Igualmente solo mayo presentará valores coincidentes con el acumulado medio mensual del período lluvioso del clima base; el resto estará por debajo de ese valor.

La distribución municipal de las precipitaciones muestra una homogeneidad similar a la del clima base en diciembre en ambos escenarios. Por su parte, en junio para 2050 existe una tendencia a la disminución de los acumulados en la región oriental de la provincia, que se acentúa hacia 2100. Para ambos escenarios será mayo y no junio (como en el clima base) el mes más lluvioso del año.

El comportamiento de las temperaturas en el clima actual destaca las características ya conocidas de la costa norte de la provincia, en contraste con la zona central y sur, debido a una elevada influencia marítima reforzada por la dirección y fuerza predominante de los vientos alisios sobre zonas insulares y litorales norteañas [Lecha *et al.*, 1994]. En los escenarios estudiados se hace evidente que el aumento de las temperaturas no ocurrirá con igual magnitud en los diferentes meses del año, alcanzándose los mayores incrementos precisamente en los meses de la estación lluviosa, que en la provincia de Camagüey coincide precisamente en el tiempo con la temporada más cálida del año.

El régimen de precipitaciones descrito destaca las características de una provincia que alcanza sus mayores tenores de aridez hacia el nordeste, haciéndose cada vez más húmeda y lluviosa a medida que se avanza hacia el occidente [Rivero y Rivero, 2011]. El cambio climático exacerbará esta característica, haciendo más áridas todas las regiones estudiadas y cambiando los patrones estacionales de precipitación a medida que la frontera que hoy separa los climas orientales más áridos se desplace progresivamente hacia el oeste sobre las regiones que hoy están dominadas por climas húmedos y subhúmedos. Esta evolución en el comportamiento de las precipitaciones estará acompañada por el incremento en duración e intensidad de la característica sequía interestival.

Implicaciones sobre las plantaciones forestales de distribución mediterránea

Los cambios en las variables climáticas principales proyectados, según el escenario de emisiones SRES A2, podrían traer consecuencias negativas para las plantaciones forestales en la provincia en sentido general.

De acuerdo con Bugmann y Salomón (2000), el aumento de la temperatura proyectado por sí solo no constituiría un factor limitante, teniendo en cuenta la hipótesis que los árboles presen-

tan su mayor tasa de crecimiento en las zonas más cálidas de su área de distribución (donde la humedad no sea limitante). Estos autores descartan la función parabólica de respuesta a la temperatura, remplazándola por una ecuación asintótica.

Sin embargo, este fenómeno, unido a la disminución de los acumulados de precipitaciones y su distribución anual (estacionalidad) sí provocarían variaciones en el contenido de humedad de los suelos, incidiendo de forma negativa en el crecimiento y productividad potenciales de las especies manejadas en plantaciones.

Por su parte, como se observa en la *Fig. 6*, la magnitud de la sequía estival hacia 2100 (con cuatro meses de duración y acumulados muy similares al acumulado medio del período poco lluvioso actual) podría implicar en una nueva caída de las hojas en las especies caducifolias. De verificarse este fenómeno, y en el caso de que las especies sobrevivieran, su período de crecimiento se vería afectado aproximadamente en un 70 %.

Además, la disminución para 2050 de poco más del 20 % de las precipitaciones en julio, y el adelanto del primer máximo de las lluvias para mayo, hará necesario un cambio tanto en la fecha de plantación (al reducirse el período) como en las especies a utilizar en la (re) forestación.

No obstante, el hecho de que los valores de temperatura y precipitaciones de un municipio indiquen aridez, no es razón concluyente para estimar disminuciones drásticas en el crecimiento de determinada especie forestal, pues la disponibilidad de agua en el suelo depende además del tipo de suelo y cobertura forestal. Debido a que no todas las especies forestales tienen iguales capacidades de adaptación, habría esperar respuestas adaptativas diversas.

CONCLUSIONES

- Para las condiciones previstas en el escenario de emisiones SRES A2, y los modelos de circulación general HadCM3 y ECHAM4 en la provincia de Camagüey, se proyecta el aumento progresivo de la temperatura media y la disminución de los acumulados de precipitaciones mensuales hacia 2050 y 2100.
- El aumento de la temperatura media y la disminución de los acumulados de precipi-

taciones incidirán de forma negativa en el rendimiento potencial de las especies manejadas en plantaciones de distribución mediterránea, provocado por una disminución del contenido de humedad en el suelo.

- El desplazamiento del segundo máximo anual de precipitaciones de septiembre-octubre hacia octubre-noviembre provocará la extensión temporal de la sequía estival, pudiendo provocar hacia 2100 la interrupción del período de crecimiento de las especies caducifolias debido a una segunda caída de las hojas en el mismo año.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, A. ET AL. 2011. *El sector forestal cubano y el cambio climático*, La Habana, Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, 248 pp.
- BUGMANN, H.; SALOMÓN, A. 2000. «Explaining forest composition and biomass across multiple biogeographical regions», *Ecological Applications* (US) 10 (1): 95-114.
- CENTELLA, A. ET AL. 2006. *La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana*, 174 pp.
- DIRECCIÓN NACIONAL FORESTAL. 2011. *Base de datos del patrimonio forestal cubano al término del 2010*, MINAG, La Habana.
- GRIESER, J. 2006. «Introduction to Geostatistics and the spatial interpolation of weather and crop data», Chapter 5.1 CM Box User Guide, FAO. Rome, 9 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INRH). 2008. «Boletines hidrológicos». En <http://www.hidro.cu/boletines08.htm>.
- IPCC (2001). *Special Report on Emissions Scenarios*, IPCC WGIII: 35 pp.
- LECHA, L. B.; PAZ, L. R.; LAPINEL, B. P. 1994. *El clima de Cuba*, La Habana, Ed. Academia, 186 pp.
- MARKESTEIJN, L. 2010. «Drought tolerance of tropical tree species; functional traits, trade-offs and species distribution». PhD. Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL, 204 pp.
- RIVERO, R. E. 2008. «Workbook on climate change impact assessment in agriculture», *Basic knowledge, methodologies and tools*, 142 pp.
- RIVERO, R. E. ET AL. 2000. «Preliminary assessment of the biophysical impacts of climate change on forests and main crops in Camagüey, Cuba», In *Climate change impacts and responses. Proceedings of the Conference on National Assessments Results of Climate Change held in San José, Costa Rica, March 25-28, 1998* (Ed. N. Mimura), Japan Environment Agency / Overseas Environmental Cooperation Centre, pp. 223-241.
- RIVERO, R. E.; RIVERO, Z. I. 2011. «Evolución esperada de la aridez y su impacto en Cuba según diferentes escenarios de cambios climáticos», II Congreso Internacional de Cambios Climáticos de la VIII Convención de Medio Ambiente y Desarrollo, La Habana, 4-8 julio 2011, 20 pp.

Rivero, Z. I.; Rivero, R. E. 2004. «Impacto de los Cambios Climáticos sobre los Bosques y Ecosistemas Terrestres». En:

Memorias del Tercer Congreso Forestal de Cuba. III Simposio Internacional de Técnicas Agroforestales, 16 pp.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Lorge Acosta Broche

Licenciado en Biología, especialista de la Estación Experimental Agro-Forestal de Camagüey, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de Ecología Vegetal y el Impacto del cambio climático, particularmente la evolución de la aridez, en el sector forestal de la provincia de Camagüey. Ha participado activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados satisfactorios.