

LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y ANÁLISIS DE CONTEXTOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA MAYABEQUE, CUBA.

A. Álvarez-Adán¹, O. Solano², G. Febles¹, Verena Torres¹, Laisury, Díaz¹

¹ *Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba*

² Instituto de Meteorología

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron: diagnosticar y cuantificar la variabilidad climática en la cuenca Mayabeque, así como realizar proyecciones climáticas para la región con el fin de analizar posibles contextos climáticos futuros. Se utilizaron datos de temperatura y precipitación medias mensuales, del período 1961 – 2010 de cinco estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología de la región en estudio. Adicionalmente, se usaron salidas diarias de los Modelos de Circulación General (MCG) Echan4 y se utilizó el forzamiento de los escenarios de emisiones A2 y B2. La relación entre precipitación y evapotranspiración potencial para los períodos 1961 – 1990 y 1991 – 2010 mostraron deficiencia de agua durante todo el período poco lluvioso donde marzo destaca por los valores extremos para el primero, sin embargo para el lapso siguiente las deficiencias muestran un corrimiento hacia el mes de octubre. La temperatura registró un aumento de 1,4⁰C de la temperatura media en 1991-2010. En las proyecciones mensuales de precipitación se constata que la diferenciación entre horizonte temporales es pequeña y las anomalía negativas en los meses del período lluvioso, son más acentuadas a partir del año 2041. Las temperaturas medias presentaron aumentos sostenidos en ambos escenarios de estudio, mostrando los mayores valores el escenario A2, y se comenzarán a diferenciar ambos a partir del período 2041 – 2070. Se concluye que la cuenca Mayabeque, según las proyecciones de los escenarios A2 y B2, presentará un clima cada vez más árido provocado por el incremento de las temperaturas con disminución de las precipitaciones que conlleva al aumento de la evapotranspiración.

Palabras Clave: Variabilidad Climática, Cambio Climático, Cuenca Mayabeque

Introducción

La condición de Cuba de archipiélago y su ubicación geográfica en el mar Caribe, la hacen altamente vulnerable a los eventos asociados a la variabilidad climática, a lo que habría que agregar la alta fragilidad de sus recursos naturales y ecosistemas. Además con los resultados presentados en la Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en el año 2001, se prevén importantes cambios en el comportamiento de las variables meteorológicas en el país, así como otros sucesos asociados a los mismos. (Centella *et al.* 2001; Planos *et al.* 2012).

Estos resultados unidos a buena parte de los estudios realizados por la comunidad científica internacional en relación al cambio climático tienen su razón de ser en la profundización del conocimiento respecto a cómo las variaciones de temperatura, precipitación y otros parámetros climáticos afectaran la economía y la distribución de diversas poblaciones del planeta. No obstante, dicho análisis socioeconómico bajo un panorama climático diferente al actual, resultados de predicciones numéricas, no puede pasar del nivel de la hipótesis, puesto que las alteraciones previstas pueden retrasarse, acelerarse o incluso no producirse, en función de múltiples factores que pueden modificar las predicciones inicialmente establecidas.

Si se toma la cuenca hidrográfica superficial como la unidad físico geográfica clave para estudiar esta problemática, teniendo como premisa que es donde mejor se expresan las interrelaciones de todos los componentes del ecosistema, además que es donde se desarrollan muchos de los procesos ambientales que los afectan. Se estará en condiciones de concretar los posibles impactos del cambio climático y se podrá trazar una estrategia de adaptación al cambio climático coherente con las políticas de desarrollo territorial previstas.

De aquí que los objetivos de este trabajo fueron: diagnosticar y cuantificar la variabilidad climática en la cuenca Mayabeque, así como realizar proyecciones climáticas para la región con el fin de analizar posibles contextos climáticos futuros.

Materiales y Métodos

Se utilizó la información de temperatura y precipitación medias mensuales, presente en la base de datos del centro de Clima del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), correspondiente a cinco estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del Cauto y sus inmediaciones (figura 1) para el análisis de la variabilidad y tendencia de las series proporcionadas. Se contó con un registro de 50 años (1961 – 2010), que para los objetivos de la investigación se dividió en dos etapas 1961 – 1990, como período de referencia y 1991 – 2010, como período actual para conocer que estaba pasando con el comportamiento de estas variables antes de introducir un análisis de proyecciones.

La evapotranspiración de referencia mensual (E_{To}), se calculó por la fórmula de Penman Monteith modificada por FAO (Allen *et al.* 1998), ajustada según Solano *et al.* (2005) a las condiciones climáticas locales. Los datos de entrada para el cálculo de la fórmula son las variables meteorológicas temperatura máxima y mínima del aire, velocidad del viento, la duración efectiva de la insolación y la humedad relativa del aire.

La E_{To} se calculó a partir de la formula siguiente (1):

$$E_{To} = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{997}{T + 273} \cdot U_{1.5} \cdot (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.38 \cdot U_{1.5})} \quad (1)$$

Donde: E_{To} es la evapotranspiración de referencia ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$).

Δ es la pendiente de la curva de vapor saturado ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

R_n es la radiación neta ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$).

G es el flujo de calor sensible desde el suelo ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$).

γ es la constante psicrométrica ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

T es la temperatura del aire media diaria a 1.5 m de la superficie del suelo ($^{\circ}\text{C}$).

$U_{1.5}$ es la velocidad del viento a 1.5 m de la superficie del suelo ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

$(e_a - e_d)$ es el déficit de presión de vapor del aire (kPa).

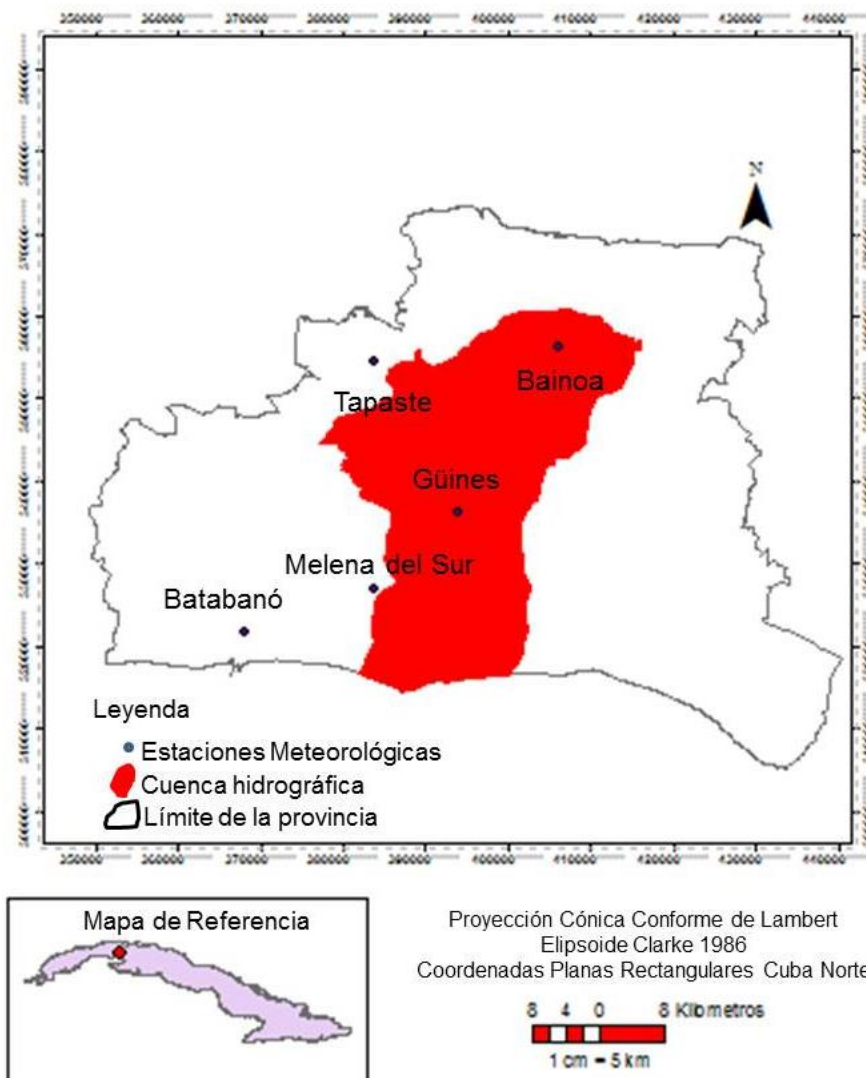


Figura 1: Mapa de ubicación de la cuenca Mayabeque y estaciones meteorológicas utilizadas para la obtención de la información climática.

Una vez obtenida la evapotranspiración de referencia se realiza un análisis gráfico de su relación con la precipitación para identificar el comportamiento mensual de las deficiencias hídricas.

El análisis de la variabilidad de las series de precipitación y temperatura medias anuales se realizó con el software INFOSTAT a través del cálculo de los promedios anuales de estas variables en los períodos comprendido entre 1961-1990 y 1991-2010, considerando la escala de tiempo anual. Para ello se efectuó un suavizado a través de la exponencial simple (2) (Lluch *et al.*, 1997):

$$S_t = 0.1 * X_t + (0.9) * S_{t-1} \quad (2)$$

Donde: S_t : valor de la serie transformada en el tiempo t

S_{t-1} : valor de la serie transformada en el tiempo $t - 1$

X_t : valor de la serie no transformada en el tiempo t

La tendencia de la precipitación y la temperatura medias anuales se comprobó a través de un análisis de regresión lineal con el software INFOSTAT.

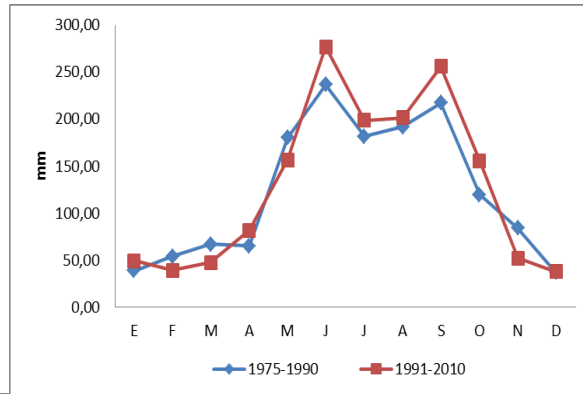
Para el análisis de los contextos climáticos futuros, se usaron salidas diarias de los Modelos de Circulación General (MCG) Echan4 con el forzamiento de los escenarios de emisiones (SRES, según sus siglas en inglés) A2 y B2 propuestos por el IPCC (2001) de una resolución espacial de 25km. Este modelo se encuentra entre los disponibles y representan en forma más adecuada la circulación general de la atmósfera en el Caribe (Jones *et al.* 2004, Campbell *et al.* 2011). Además, estos escenarios fueron seleccionados, según (Bárcena 2010), debido a que las condiciones de América Latina y el Caribe seguirán determinadas por el desarrollo económico, con nuevas tecnologías “limpias”, principalmente a nivel de regiones o localidades. Se consideraron los horizontes temporales 2040, 2070 y 2099, para establecer parámetros de comportamiento a corto, mediano y largo plazo de cada una de las variables estudiadas. Luego los valores obtenidos son estandarizados para hacer el promedio igual a cero y obtener las anomalías.

Resultados y Discusión

Las precipitaciones en la cuenca Mayabeque presentan un comportamiento bimodal, típico de esta variable para Cuba, donde el período lluvioso muestra dos máximos (junio y septiembre) y un mínimo acentuado en el mes de julio. Se nota un aumento de las precipitaciones para el período lluvioso en la etapa 1991 – 2010 con valor de 104.11mm y por el contrario una ligera disminución de 40.72mm en el poco lluvioso las que se reflejan en una anomalía positiva de 63.69mm con respecto al período de referencia, que acumuló un promedio anual de precipitaciones de 1482.86 mm (figura 2a).

Por su parte la figura 2b, muestra una alta variabilidad y una pendiente negativa de la recta de regresión, tanto en la etapa 1960-1990 como en 1991-2010, aunque con valores muy discretos (-0,04 y -0,06) como para afirmar que en el lapso de 20 años las precipitaciones hayan tenido una tendencia a la disminución.

a)



b)

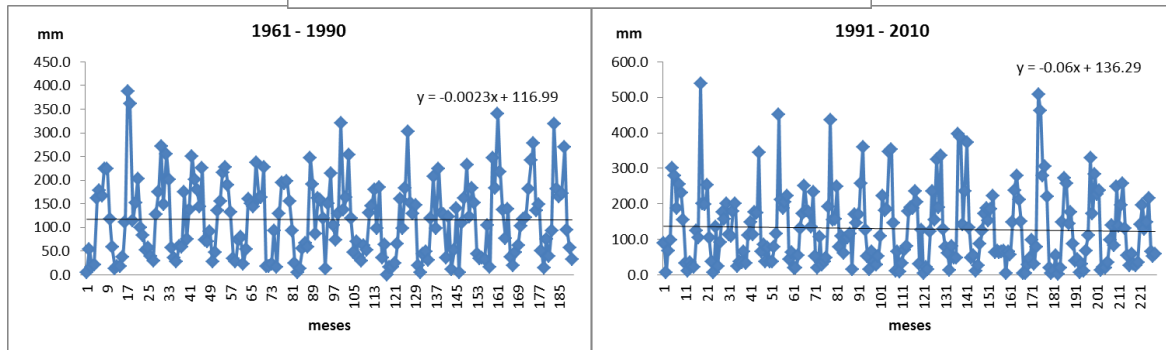


Figura 2: Comportamiento de la precipitación media mensual (a) y su tendencia (b) para los períodos 1961 – 1990 y 1991 – 2010

La relación entre precipitación y evapotranspiración potencial para los períodos 1961 – 1990 y 1991 – 2010 mostró deficiencia de agua durante todo la etapa diciembre – abril y noviembre – abril, donde marzo y abril, respectivamente, destacan por sus valores extremos de -74 mm (figura 3) para ambos períodos.

En el segundo caso, donde las deficiencias hídricas comienzan a aparecer en el mes de noviembre se observa un aumento de dos décadas del período poco lluvioso. Esta situación agudiza la deficiencia hídrica media anual (-285.11 mm) con 53mm más con respecto al período de referencia.

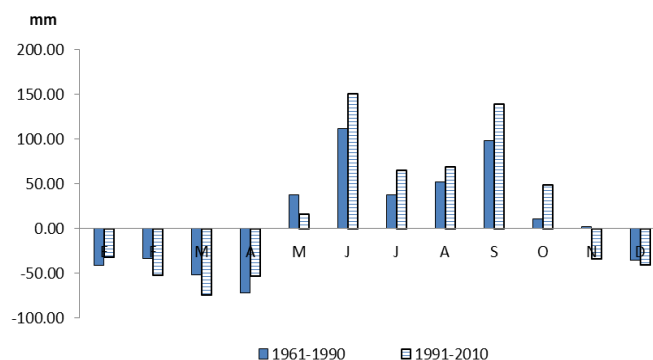


Figura 3: Déficit hídricos para los períodos 1961 – 1990 y 1991 – 2010 en la Cuenca Mayabeque

La temperatura media del aire en el período 1991 – 2010 presenta una media anual de 25.8⁰C, que se mueve de 22.1 a 28.6⁰C con una amplitud de 6.5⁰C entre el mes más frío (enero) y los más cálidos (julio y agosto). Experimenta un aumento de 1.4⁰C con respecto al período de referencia establecido para esta investigación (figura 4)

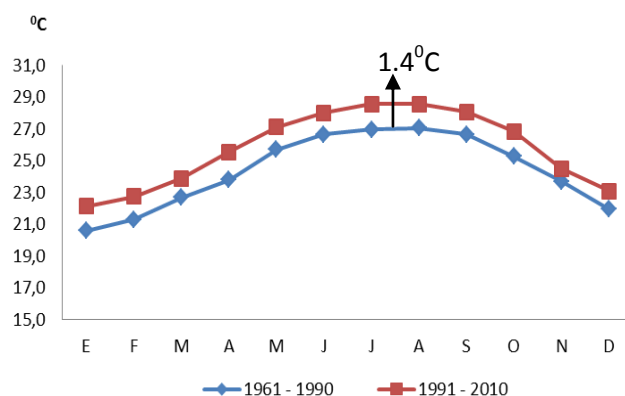


Figura 4: Comportamiento de la temperatura media mensual para los períodos 1961 – 1990 y 1991 – 2010 en la cuenca Mayabeque

Con los resultados analizados hasta este momento se pueden suponer evidencias de que el clima en la cuenca Mayabeque está sufriendo modificaciones que apuntan hacia la aparición de los efectos en la misma de un cambio climático global. Por tanto, se impone realizar un análisis de los contextos climáticos futuros para corroborar esta idea.

Los resultados de las proyecciones de anomalías de temperatura y precipitación medias mensuales respecto a los valores observados en el período de referencia 1961 – 1990 fueron consistentes con otros estudios desarrollados en la región occidental del país.

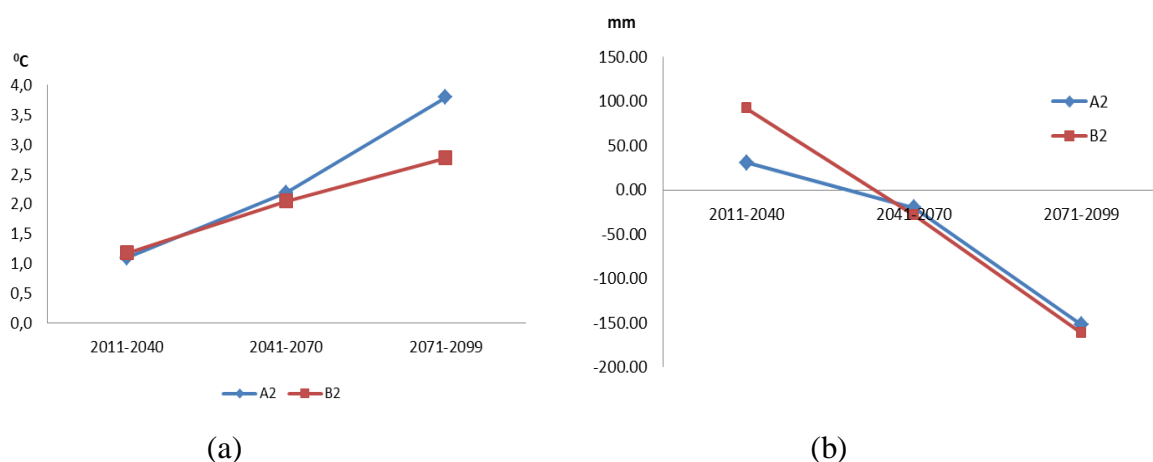


Figura 5: Comportamiento de las anomalías de la temperatura (a) y precipitación (b) medias mensuales para los horizontes temporales 2040, 2070 y 2099 en los escenarios A2 y B2 para la cuenca Mayabeque.

La temperatura media mensual (figura 5a) presentará aumentos sostenidos en ambos escenarios de estudio, el A2 mostrará los mayores valores que oscilarán entre 3.1°C (mes más frío) y 4.3°C en el más cálido con un promedio anual de 3.8°C. Si se compara estos resultados con los encontrados por Planos *et al.* (2012) se percibe una correspondencia clara cuando este plantea que durante el período seco, los incrementos de temperatura sobre la región del sur de La Habana oscilarán entre 2.6°C y 3.6°C, siendo relativamente menores para B2. Para los meses de mayo a octubre los incrementos de temperatura proyectados serán superiores llegando a alcanzar magnitudes de 4.2°C (en la simulación A2) Este incremento estará, ante todo, condicionado por el ascenso de la temperatura mínima (1.9°C) (Planos *et al.* 2012)

Es de señalar que las proyecciones para cada escenario comenzarán a diferenciarse a partir del período 2041 – 2070. Este resultado parece lógico si se tiene en cuenta que es para el A2 donde se prevé un aumento importante de los gases de efecto invernadero producto del alto desarrollo industrial y socioeconómico.

Las precipitaciones medias mensuales (figura 5b), por su parte, mostrarán una tendencia a la disminución entre un 13 y 22% en ambos escenarios (A2 y B2) respectivamente para el año 2099, sin embargo las diferencias entre los horizontes temporales analizados será menos marcada en el B2. Lo cual corresponde con los estudios de la zona sur de la provincia Mayabeque, donde se encuentra ubicada la cuenca, reportados por Planos *et al.* (2012) que indican que la precipitación podrá disminuir entre un 10 y un 20%.

Las proyecciones del comportamiento de las anomalías de la temperatura (figura 6a) reflejan que el escenario A2 mantendrá un comportamiento similar al descrito para los períodos analizados con anterioridad donde se prevé alcanzaran valores de 3,5⁰C. Sin embargo, el escenario B2, muestra un comportamiento totalmente nuevo, donde aparecerán un máximo secundario en los meses de marzo, abril y mayo el cual desaparecerá para el período 2071 – 2099; y un máximo principal en los meses de agosto, septiembre y octubre. Este resultado pudiera resultar de interés para los productores a la hora de programar las actividades de cosecha por las actitudes fotoperiódicas de algunos cultivos y en el caso de los pastos para la producción de semillas.

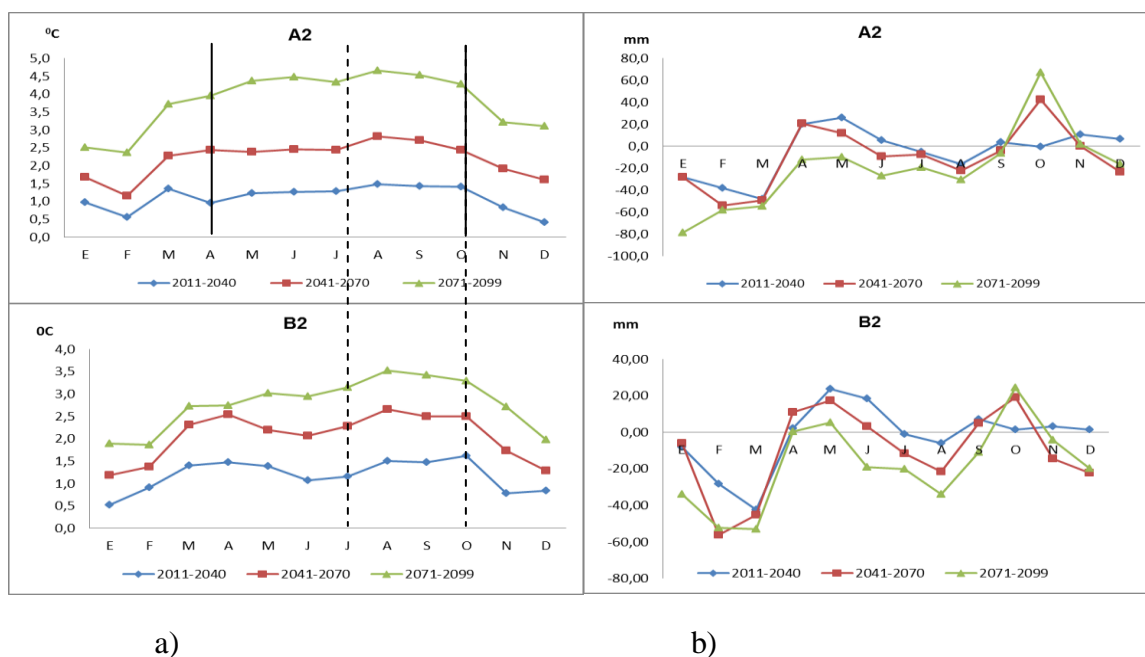


Figura 6: Anomalías de la temperatura (a) y la precipitación (b) media mensual en los escenarios climáticos A2 y B2

Al realizar un análisis mensual de las proyecciones se constata que la diferenciación entre horizonte temporales para el caso de las precipitaciones (figura 6b) es pequeña. Por su parte, las anomalías negativas en los meses del período lluvioso, sobre todo más acentuadas a partir del año 2041, podrían ser interpretados como un posible efecto negativo para la productividad de los cultivos en la zona.

Al considerar la disminución de precipitaciones además del aumento proyectado en temperatura, podrían esperarse mayores deficiencias hídricas entre los 300 y 600 mm anuales debido a los incrementos esperados de la evapotranspiración (figura 7). Lo cual coincide con criterios emitidos por Planos *et al.* (2012) que es enuncian como que el incremento de la temperatura y la reducción predominante de la precipitación en el período lluvioso sobre la región de Mayabeque, son coherentes con la disminución de la humedad relativa del aire. Este hecho parece indicar que como en otras regiones del país, la provincia presentará condiciones más secas que las actuales y que este efecto combinado, principalmente durante el período lluvioso, producirá una merma de los recursos hídricos disponibles.

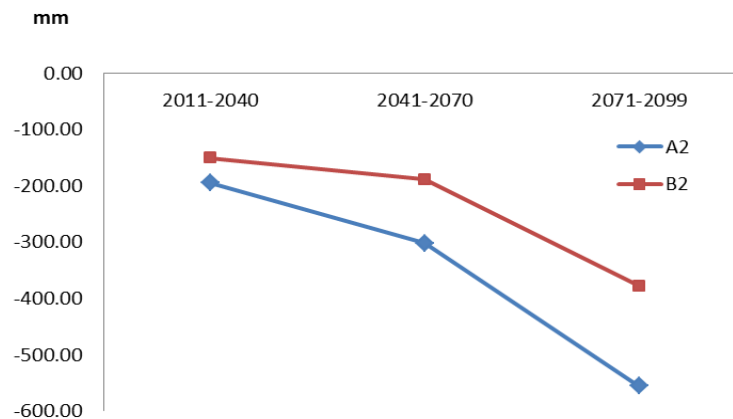


Figura 7: Déficit hídrico para los horizontes temporales 2040, 2070 y 2099 bajo los escenarios A2 y B2 en la cuenca Mayabeque.

Conclusiones

Se concluye que la cuenca Mayabeque, según las proyecciones de los escenarios A2 y B2, presentará un clima cada vez más árido provocado por el incremento de las temperaturas con disminución de las precipitaciones que conlleva al aumento de la evapotranspiración.

Referencias Bibliográficas

- Allen, R., L. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998: “Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements”. In FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 301 p.
- Bárcena Alicia 2010; *Restricciones estructurales del desarrollo en América Latina y el Caribe: una reflexión postcrisis*; Revista CEPAL 100, Abril 2010; pg 7 – 28
- Campbell, Jayaka D., Taylor, M.A., Stephenson, Tannecia S., Watson, R.A., Whyte Felicia S. 2011; *Future climate of the Caribbean from a regional climate model* Int. J. Climatol. 31: 1866–1878 (2011)
- IPCC, 2001. “Cambio Climático 2001. “Informe de síntesis”. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Editado por Robert T. Watson.
- Jones, R. G., M. Noguera, D. C. Hassell, D. Hudson, S. S. Wilson and G. J. Jenkins and J. Mitchell 2004: *Generating High Resolution Climate Change Scenarios Using PRECIS*, Meteorological Office Hadley Centre, Exeter, UK, 40 pp.
- Lluch, D.; S. Hernández-Vázquez y S. E. Lluch-Cota 1997; *Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and EL NIÑO-Southern Oscillation (ENSO)*. FAO Fisheries, Circular No. 934, 48 pp.

- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información) 2012;** *Anuario estadístico de Cuba 2011*. Edición 2012. Disponible en: www.one.cu
- Planos, E.O., Rivero, R., Guevara, V. 2012;** *Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*; La Habana, Cuba; 520 pp
- Solano, O., R. Vázquez, C. Menéndez, J.A. Menéndez y M.E. Martín. 2005:** “*Evaluación de la Sequía Agrícola en Cuba*”. Revista Cubana de Meteorología. Instituto de Meteorología. Vol. 12 No. 2. La Habana. pp 3-14.
- Centella A, Llanes J, Paz L, López C, Limia M. 2001:** *Primera Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Grupo Nacional de Cambio Climático. Instituto de Meteorología, La Habana, ISBN 959-02-0333-7, 169 pp