Colección de Estudios Casos Experiencias en el Enfrentamiento del Cambio Climático

Un aporte al análisis de los impactos del cambio climático en islas pequeñas

La Isla de la Juventud, Cuba











Autores

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez¹, Dra. Cecilia Fonseca Rivera¹, Dr. Tomás Gutiérrez Pérez¹, Dr. Ramón Pérez Suárez¹ y Lic. Abel Centella Artola¹

Edición

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez¹¹

Esta obra fue financiada por el proyecto internacional "Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte de Actualización Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático", implementado en Cuba por el PNUD con fondos del GEF.

Los puntos de vistas expresados en esta publicación son de los autores y no necesariamente representan los del Sistema de Naciones Unidas o de las instituciones donde ellos trabajan

Se prohíbe la reproducción total o parcial del contenido de esta obra, sin la expresa autorización del Instituto de Meteorología de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Cuba

Derechos reservados conforme la Ley:

© Instituto de Meteorología

ISBN: 978-959-300-187-8





Cítese como

Planos, E., C. Rivera; T. Gutiérrez.; R. Pérez y A. Centella (2020). Impacto del cambio climático y adaptación en islas pequeñas: Isla de la Juventud, Cuba. Colección de Estudios de Casos "Experiencias en el enfrentamiento del Cambio Climático". La Habana, Cuba, 95 pp.

¹ Instituto de Meteorología

ÍNDICE

LAS PEQUEÑAS ISLAS	4
GEOGRAFÍA Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA	6
VARIACIONES Y CAMBIOS EN EL CLIMA	7
Temperatura:	8
Precipitación	9
Nubosidad	
Los extremos climáticos	
EL FUTURO CLIMÁTICO	
Resultados de la modelación	
Temperatura	13
Precipitación	
Patrones de distribución espacio-temporal	
Temperatura	
Precipitación	
LÍNEA BASE HIDROLÓGICA	
Balance hídrico período 1986-2005	
FUTURO HIDROLÓGICO	
Escurrimiento	
Distribución espacial	
Distribución mensual	
Balance hídriço	
CAMBIO CLIMÁTICO Y SECTORES SOCIECONÓMICOS	
Limitantes climáticas e hidrológicas para el desarrollo	36
Impactos en sectores socioeconómicos	
Sector Hidráulico	
Disponibilidad de agua	
Sector Agropecuario	
Sector Energético	
Sector Turístico	
Sector de Salud Pública	
IMPACTOS EN LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA	
Vulnerabilidad de especies	
ImpactosLA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	45
Sectores socioeconómicos	
Sector Hidráulico	
Sector Agropecuario	
Sector Energético	
Sector Turístico	
Sector de Salud Pública	
Diversidad biológica	48
DONDE CENTRAR LA ATENCIÓN	
REFERENCIAS	52

LAS PEQUEÑAS ISLAS

El cambio climático es uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad en el Siglo XXI, y fallar en su enfrentamiento, es andar un camino hacia transformaciones negativas irreversibles, nunca antes vistas por el hombre moderno. Mitigar el cambio climático y adaptarse, son dos tareas de urgencia, que deben ser acometidas desde el presente con proyección de futuro. La mitigación es un compromiso moral, político e histórico del mundo desarrollado y un compromiso político de los países no desarrollados y, a la vez, una oportunidad de acceso a mejor tecnología, con sus beneficios agregados. Por su parte, la adaptación es una necesidad de todos, y principalmente de los países no desarrollados, que sin ser responsables de las alteraciones que hoy se observan en el clima y del futuro previsto, reciben las peores consecuencias, con menos recursos para enfrentarlas.

El impacto del cambio climático se manifiesta de diversa forma en el mundo. En las regiones tropicales, los impactos previstos son severos y, en general, están caracterizados por una tendencia a climas más extremos y secos. Las pequeñas islas tropicales sufren más cruentamente el embate del clima cambiante y recibirán, de manera acrecentada, los golpes del futuro climático, incluyendo el peligro de que muchas desaparezcan, como consecuencia del ascenso del nivel medio del mar o que se conviertan en tierras inhabitables, fundamentalmente por el embate de los extremos hidrometeorológicos.

La clasificación de una isla como pequeña depende de su extensión superficial, sobre lo cual hay distintos criterios. Según Falkland y Brunel (1989), el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, en su Proyecto 4.6, Hidrología de las pequeñas islas, fijó el límite máximo en 2 000 km², mientras que para el *Commonwealth Science Council* (1985), el límite es 5 000 km². Adicionalmente, la geología predominante y la topografía complementan la definición de pequeñas islas, porque estas características, en combinación con las dimensiones y el efecto regulador de los mares que las rodean, imponen una dinámica distintiva en el funcionamiento de los sistemas naturales y humanos que en ellas coexisten. En tales condiciones, el impacto del cambio climático también estará determinado por los elementos antes mencionados.

La Isla de la Juventud tiene una extensión superficial de 2 205 km², por lo que clasifica como una pequeña isla. Desde el punto de vista de las características geológicas y físico geográficas, en la Isla se distinguen dos zonas: al sur la llamada zona meridional, donde existe el importante humedal de la Ciénaga de Lanier; y el resto del territorio insular, conocido como zona septentrional, con geología y suelos variados, y una topografía predominantemente llana. De manera que, esta área insular, es una pequeña isla de composición geológica mixta y topografía baja (Falkland y Brunel, 1989).

Este estudio de caso muestra, de manera resumida, los resultados de un proyecto científico del Instituto de Meteorología (Fonseca et al, 2017), dentro del cual, además de lograr avances en el conocimiento sobre el rol de factores atmosféricos

de teleconexión en la variabilidad climática en Cuba, se evaluó el impacto del cambio climático en la Isla de la Juventud.

Con este trabajo se hace un aporte al análisis de la influencia de la variabilidad climática y el cambio climático en pequeñas islas, acompañado del planteamiento de medidas de mitigación y adaptación.

GEOGRAFÍA Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA

La Isla de la Juventud es la mayor de las pequeñas islas que rodean a Cuba, y forma parte del archipiélago de los Canarreos. Se encuentra situada en la Región Occidental del país, aproximadamente a 150 Km al sur del poblado Surgidero de Batabanó. Su posición geográfica está comprendida entre los 21°28' y 21°56' de latitud norte y los 83°15' y 82°30' de longitud oeste (Figura 1).

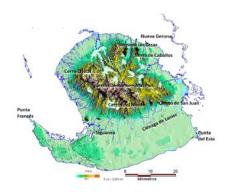


Figura 1. Características físico geográficas de la Isla de la Juventud

El relieve de la Isla es predominantemente llano. Se caracteriza por llanuras medias que forman parte del peniplano septentrional; destacándose la "Llanura del Norte", donde sobresalen las sierras de "Las Casas, Colombo y de Caballos", con una altura media de más de 270 m de altitud; hacia el centro del territorio hay pequeñas alturas que forman una cadena de colinas extendidas de este a oeste, donde se ubica el "Cerro la Cañada", la mayor altura del territorio, con 303 m de altitud. En estas colinas realzan también la loma "La Daguilla" y los cerros "San Juan, Mal País, San Pedro, Cristal y Santa Bárbara"; en estas alturas se delimita el parte agua principal de la isla. Las mencionadas elevaciones cubren un área de 2 009 km², equivalente al 91,5 % del total de la superficie insular. El resto de la isla es ocupado por la "Llanura del Sur", en la que, por su geología y geomorfología, no se produce escurrimiento superficial.

Físico geográficamente presenta dos regiones bien diferenciadas:

- Región septentrional, de una extensión de 1 337 km², con un relieve de llanuras onduladas, en la que sobresalen algunas elevaciones de tipo mogote, las ya mencionadas "Sierra de Casas, Sierra de Caballos y Sierra de Colombo", tidas geológicamente muy antiguas. Presenta suelos fundamentalmente ferralíticos, ferralíticos-cuarcítico-amarillo-rojizo-lixiviados, útiles para el desarrollo agropecuario. En esta zona se desarrollan la mayoría de las actividades socioeconómicas del territorio, concentrándose en ella el 99.6 % de la población total de la Isla.
- Región meridional con 849 km², formada principalmente por la "Ciénaga de Lanier". Constituye una llanura cársica de formación geológica más reciente, con suelos rendzinosos, ausencia de redes de escurrimiento superficial y casi

totalmente cubierta de vegetación natural, en la cual se aprecia el "Cerro Caudal" que alcanza una altura de 30 m. La población es muy escasa, contando sólo con un poblado rural, Cocodrilo (Jacksonville), y algunas viviendas dispersas. Aquí se encuentran las mayores potencialidades naturales para el desarrollo turístico.

La Isla disfruta de un clima tropical húmedo, con notable influencia marina durante todo el año, debida su la condición de insularidad, particularmente reforzada por las dimensiones del territorio. El régimen de precipitaciones se caracteriza por dos períodos bien definidos, uno lluvioso, de mayo a octubre, y otro poco lluvioso, de noviembre a abril. El promedio anual de precipitaciones es de 1543mm, estimada para el período de referencia utilizado en este trabajo (1986-2005). La temperatura media anual es de 25,4°C; estacionalmente la temperatura también se caracteriza por dos períodos, uno muy cálido, de mayo a octubre, en el que los meses de temperaturas más elevadas son julio y agosto, con valores medios que oscilan entre 27,9 y 32,0°C; y el otro, menos cálido, de noviembre a abril, donde los meses con valores medios más bajos son enero y febrero con valores entre 18 y 27° C.

Los recursos hídricos no son abundantes en cuanto a magnitud aprovechable, aunque los diagnósticos realizados señalan que son suficientes para la demanda de agua presente y futura en la Isla. Existen numerosos pequeños ríos, entre ellos destacan 11 corrientes fluviales de importancia, por su relación con el suministro de agua y con los ecosistemas marino-costeros. Nueve de estos ríos desembocan directamente en las costas y dos desembocan en la Ciénaga de Lanier, la que vierte sus aguas a la llanura cársica del sur Los ríos más importantes son: "Las Casas, Júcaro, Las Nuevas, Guayabo y Mal País". La red de drenaje es radial, muy densa en su zona septentrional, mientras que en el sector meridional el drenaje es subterráneo.

La diversidad de especies vegetales es grande en la llanura cársica del sur, donde se reportan más de 556 especies de plantas superiores y 13 especies de helechos, con un endemismo de aproximadamente 5 especies, de ellas 3 estrictas para el sur.

La fauna marina es muy rica, y sobrepasa las 1500 especies, entre peces, familias de corales, antipatarias, gorgóneas, esponjas, crustáceos, quelonios, moluscos, gusanos de mar. La avifauna cubana está bien representada, encontrándose especies relevantes desde el punto de vista científico, biológico, estético y cinegético; 52 especies se clasifican como residentes locales, de ellas 15 se reportan como endémicas y dos subespecies endémicas de "Cayo Cantiles". Existe una rica fauna de reptiles; 20 especies reportadas, con seis subespecies endémicas de la localidad, destacándose las poblaciones de iguanas de "Cayo Rosario" y las zonas de anidamiento de tortugas en el "Guanal".

VARIACIONES Y CAMBIOS EN EL CLIMA

Pérez et al. (2017) hicieron un exhaustivo análisis de las variaciones y tendencias del clima en la Isla de la Juventud, observadas desde mediados del pasado siglo. A continuación, se resumen los aspectos más relevantes de este estudio, para las

variables climáticas relacionadas con los ecosistemas y sectores socioeconómicos valorados en este trabajo: temperatura, precipitación, nubosidad y eventos extremos.

Temperatura:

Desde finales de los años 60 del pasado siglo, la temperatura superficial del aire en la Isla de la Juventud se ha incrementado en 0.5°C, condicionado por un aumento de 0.8°C en la temperatura mínima promedio; lo cual ha producido una disminución en el rango diurno de la temperatura. Las figuras 2 y 3 muestran esta tendencia en la estación meteorológica "La Fe", para la temperatura media y mínima del aire (la tendencia de la temperatura máxima no es significativa) y la Figura 4 la oscilación diurna. En estos gráficos también se aprecia, visualmente, una estabilización en el comportamiento de las temperaturas a partir de mediados de la década del 90.

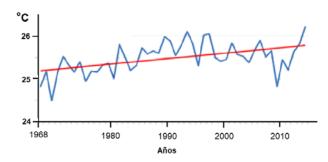


Figura 2. Temperatura media anual del aire. Estación meteorológica La Fe

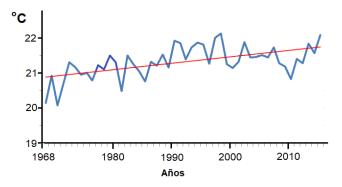


Figura 3. Temperatura mínima media anual del aire. Estación meteorológica La Fe

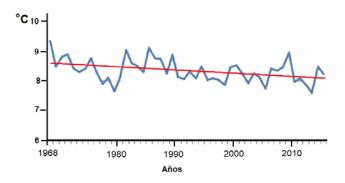


Figura 4. Oscilación diurna de la temperatura del aire. Estación meteorológica La Fe

Precipitación

Los acumulados anuales de precipitación manifiestan una ligera tendencia al crecimiento. Pero, de manera contraria a lo observado en la Isla de Cuba, esto es consecuencia del comportamiento creciente de esta variable en el período lluvioso del año (figuras 5 a la 7). Lo anterior está estrechamente vinculado con el incremento que se ha producido en el número de días con lluvia superiores a 50 mm y 100 mm, en el período de mayo a agosto y en octubre

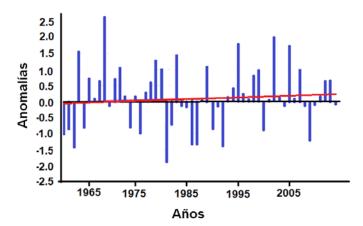


Figura 5. Tendencia de la precipitación promedio anual en la Isla de la Juventud (anomalías). Período 1981-2010.

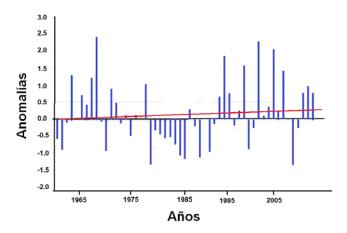


Figura 6. Tendencia de la precipitación promedio período húmedo en la Isla de la Juventud (anomalías). Período 1981-2010.

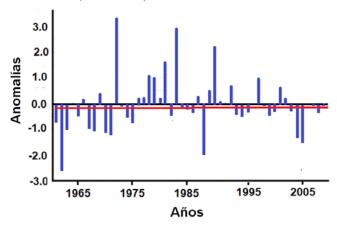


Figura 7. Tendencia de la precipitación promedio período poco lluvioso en la Isla de la Juventud (anomalías). Período 1981-2010.

Las tendencias de la precipitación en los períodos lluvioso y poco lluvioso se aprecian más claramente en la Figura 8. Las medias móviles de 20 años demuestran que el incremento de los valores anuales en las décadas recientes, está más relacionado con las variaciones ocurridas en el período estacional lluvioso (mayo-octubre), para el cual, el cambio observado a finales de la década de los años 1970 e inicios de los 80 se revela con mayor claridad.

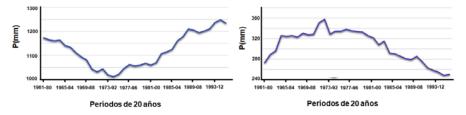


Figura 8. Medias móviles de 20 años para el período lluvioso (izq.) y poco lluvioso (der.) del período 1961-2014

Un elemento de importancia para el análisis de la precipitación son los procesos de sequía. La Figura 9 contiene la evolución del SPI, mostrando que los años más

afectados por este fenómeno durante el período 1961-2015 fueron: 1961, 1963, 1985 1987, 1992 y 2009, todos con déficit que superaron la condición de sequía moderada. Se destacan también varios períodos consecutivos con déficit continuos entre 2 y 4 años; y los más significativos fueron los períodos comprendidos entre 1961-1963 y 1984-1987.

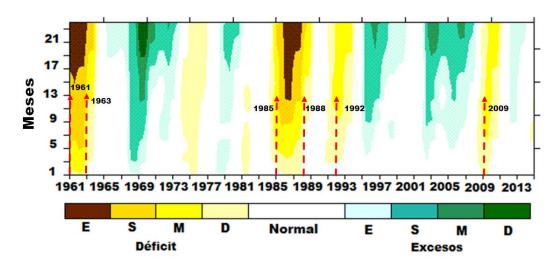


Figura 9. Evolución del SPI para 3, 6, 9, 12 y 24 meses desde 1961-2015 para la Isla de la Juventud.

Nubosidad

Esta es una variable no incluida hasta ahora en los estudios de variaciones y cambios en el clima hechos en Cuba para evaluar el impacto del cambio climático. Es una variable importante, para entender mejor los procesos de temperatura, precipitación y evapotranspiración; y, también, por su relación con la radiación solar.

La cobertura nubosa media de todo el territorio de la Isla de la Juventud decreció en el período 1971-2015 a un ritmo 2.1% por década; con un mayor decrecimiento se observa en la zona costera sur, donde alcanza 3% por década; esto es consecuencia del incremento del número de días despejados y la disminución de los días nublados (Figura 10). Desde el punto de vista estacional, en ambos períodos de precipitación definidos para la Isla, la nubosidad disminuye en toda la serie de años analizada, lo que refuerza la idea del papel que han desempañado las precipitaciones asociadas a eventos extremos máximos en el comportamiento de esta variable.

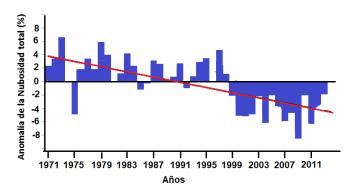


Figura 10. Tendencia de la cobertura nubosa promedio anual en la Isla de la Juventud. Período 1971-2015

Los extremos climáticos

Teniendo en cuenta el rol que se le atribuye a los extremos meteorológicos y climáticos en las variaciones y cambios que se observan en el clima; el mencionado trabajo de Pérez et al (2019) realizó un análisis de estos valores, utilizando metodología y los índices propuestos "Grupo de Expertos en Detección e indicadores de Cambio Climático" (ETCCDI por sus siglas en inglés). La evaluación de los extremos climáticos se basa en el análisis de series lo suficientemente largas de datos diarios de temperaturas máxima y mínima y de precipitación, y como resultado se caracterizan 27 indicadores de modificaciones en el comportamiento de los extremos climáticos¹.

El resultado del análisis realizado demostró un incremento en el número de días con temperaturas mínimas por encima de 20°C y en el por ciento de días y noches cálidas; a la vez que decrecen el número de días fríos. Los indicadores de extremos climáticos relacionados con las precipitaciones mostraron que la precipitación total aumenta debido a la ocurrencia de eventos de varios días consecutivos con precipitación. Por otra parte, se observó una reducción de las sequías intensas.

EL FUTURO CLIMÁTICO

Resultados de la modelación

El estudio del futuro climático de la Isla de la Juventud se basó, principalmente, en las salidas del modelo climático regional PRECIS (Jones et al 2004). Este modelo fue empleado para reducir dinámicamente la escala espacial de seis variantes de física perturbada del modelo global HadGM3 (Murphy et al 2004) y del modelo, también global, ECHAM5. En todos los casos, el escenario de emisiones considerado fue el SRES A1B, que es un escenario intermedio de emisiones (Nakicenovic y Swart, 2000). Los resultados de esos experimentos poseen una resolución espacial de 0.22° por 0.22° (aproximadamente 25km, 625 km²). Las

¹ http://www.clivar.org/organization/etccdi/etccdi.php

estimaciones del futuro también incluyeron el análisis de los antes mencionados indicadores de eventos extremos (ETCCDI).

Temperatura

La Figura 11 muestra la serie temporal de la temperatura media anual del aire, estimada con varios modelos. En todos los casos existe una tendencia al incremento de la temperatura y un fuerte calentamiento, que a finales del Siglo XXI oscilará entre 1 y 3°C respecto a la temperatura media estimada para la línea base 1981-2010 (25.8°C), con un valor promedio próximo a los 2.5°C. De manera coherente con el aumento de la temperatura, los índices climáticos extremos (Figura 12), reflejan que en Isla se incrementará significativamente la duración de las condiciones de calor intenso (WSDI²).

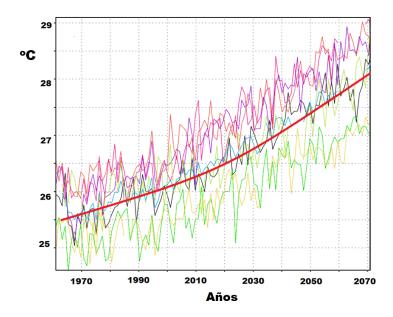


Figura 11. Series temporales de la temperatura media anual del aire en °C, simulada por las seis variantes del modelo HadGM3 y el modelo ECHAM5. La media de todo el conjunto de simulaciones se representa por la línea negra y la línea roja es la tendencia de la curva media.

_

² WSDI: cantidad anual de seis días consecutivos con temperatura máxima mayor que el 90 percentil

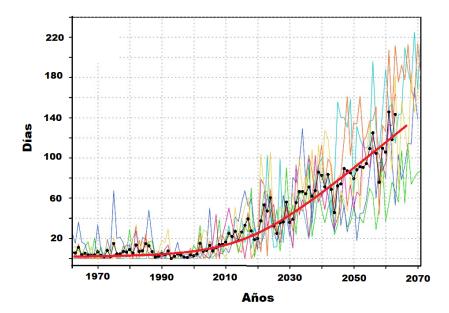


Figura 12. Series temporales de los indicadores extremos: duración de períodos cálidos

Precipitación

Los resultados para la precipitación (Figura 13) no reflejan una tendencia claramente definida y tienen una elevada dispersión. Sin embargo, los indicadores extremos del clima: precipitaciones intensas (R10mm³), número de días secos (CDD⁴) y número de días húmedos (CDW⁵), aportan criterios interesantes (figuras 14, 15, 16 y17), que se corresponden con las tendencias que se observan en el presente climático.

En la descripción de esta variable para la línea base, se comentó que la tenencia al incremento de los valores anuales está relacionada con la manifestación de las precipitaciones diarias superiores a 50 y 100 mm. En este sentido, los indicadores extremos reflejan claramente el aumento de los días con precipitaciones intensas, un incremento de los días secos consecutivos y un descenso de los días húmedos consecutivos. Lo anterior es también apoyado por el indicador CHDD⁶ que relaciona las condiciones extremas de temperatura con lluvia menores de 1 mm. De manera, que los indicadores extremos del clima reflejan un futuro más extremo y con mayores contrastes desde el punto de vista térmico y pluviométrico.

³ R10mm:cantidad anual de días con lluvia >= 10mm

⁴ CDD: máximo número de días secos consecutivos (< 1mm)

⁵ CDW: máximo número de días húmedos consecutivos (> = 1mm)

⁶ CHDD: número de días con temperaturas máxima y mínima superiores al 90 percentil y lluvia inferior a 1mm.

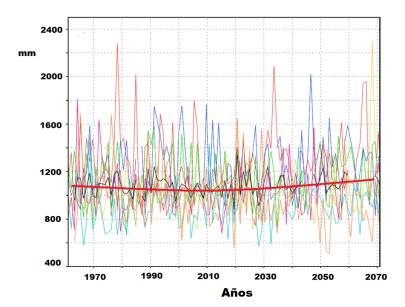


Figura 13. Series temporales de la precipitación total anual en mm, simulada por las seis variantes del modelo HadGM3 y el modelo ECHAM5. La media de todo el conjunto de simulaciones se representa por la línea negra y la línea roja es la tendencia de la curva media

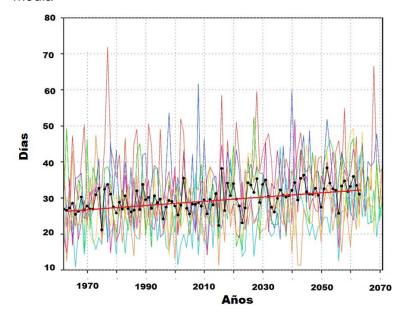


Figura 14. Series temporales de los indicadores extremos: número de días con Iluvia intensa

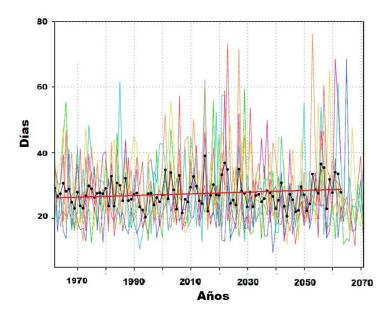


Figura 15. Series temporales de los indicadores extremos: días consecutivos secos

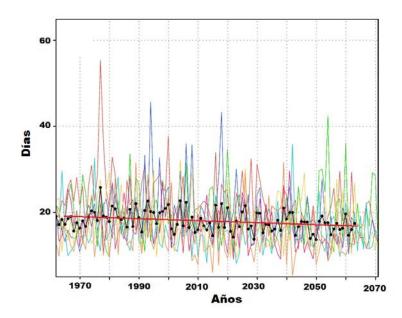


Figura 16. Series temporales de los indicadores extremos:

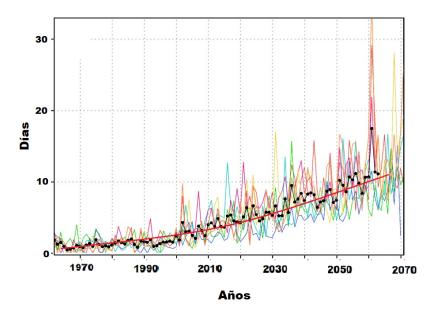


Figura 17. Series temporales de los indicadores extremos: días consecutivos cálidos y secos

Patrones de distribución espacio-temporal

La evaluación de los impactos del cambio climático requiere de un examen del comportamiento futuro de la distribución espacial y temporal de las variables climáticas, para que los análisis locales y la adopción de las medidas de mitigación y adaptación sean específicas. La resolución que actualmente tienen las salidas de los modelos climáticos (25 km), combinadas con las densidades que tienen las redes de observaciones climáticas, dan la posibilidad de realizar estudios espacialmente distribuidos.

Para este estudio fueron utilizados los escenarios definidos como trayectorias de concentración atmosféricas de CO₂ representativas (Representative Concentration Pathways, RCP por sus siglas en inglés; IPCC, 2013):

- RCP 2.6: Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 W/m² antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100).
- RCP 4.5: Trayectorias de estabilización intermedia en la que el forzamiento radiativo se estabiliza a aproximadamente 4,5 W/m2 después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las concentraciones sean constantes después de 2150).
- RCP 8.5: Trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores >8,5 W/m2 en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100 y las concentraciones sean constantes después de 2250).

Es importante recordar que una proyección climática es la respuesta simulada del sistema climático (generalmente mediante el uso de modelos climáticos), a un escenario de emisiones o concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles. Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones por su dependencia del escenario de emisión o concentración considerado. Las proyecciones están por lo tanto condicionadas a las suposiciones relativas a los escenarios que pueden o no tener lugar (IPCC, 2013).

Aunque en este estudio de caso se discuten los resultados obtenidos para los tres escenarios RCP; para ejemplificar los patrones de distribución de las variables climáticas seleccionadas, solo se exponen los correspondientes al RCP 8.5, por ser el más extremo de los escenarios y, por tanto, en el que deben ocurrir los impactos más negativos. Una descripción detallada para los tres escenarios se encuentra en Planos et al (2018).

Temperatura

Las temperaturas medias y mínimas tendrán un incremento grande para los períodos anual y poco lluvioso, siendo esto más notable en las mínimas. Por otra parte, las temperaturas máximas solamente superarán su comportamiento histórico en el período poco lluvioso.

El aumento de la temperatura promedio mínima, combinada con un comportamiento similar, pero menos acentuado, de las temperaturas máximas, indica que la oscilación diurna disminuirá en una proporción importante, con implicaciones en la actividad socioeconómica del territorio, que serán analizadas posteriormente. La Figura 18 ejemplifica lo antes explicado.

Se observa una significativa reducción de la oscilación de la temperatura que, en el período 1986-2005, varió como promedio 7.7°C, y en los escenarios proyectados varia como promedio entre 3.3 y 3.7°C (Figura 19), lo cual es un factor de extrema importancia para la gestión agrícola de este territorio y también para la diversidad biológica.

Figura 18. Temperaturas promedio mínima, media y máxima del escenario RCP 8.5, comparadas con la histórica.

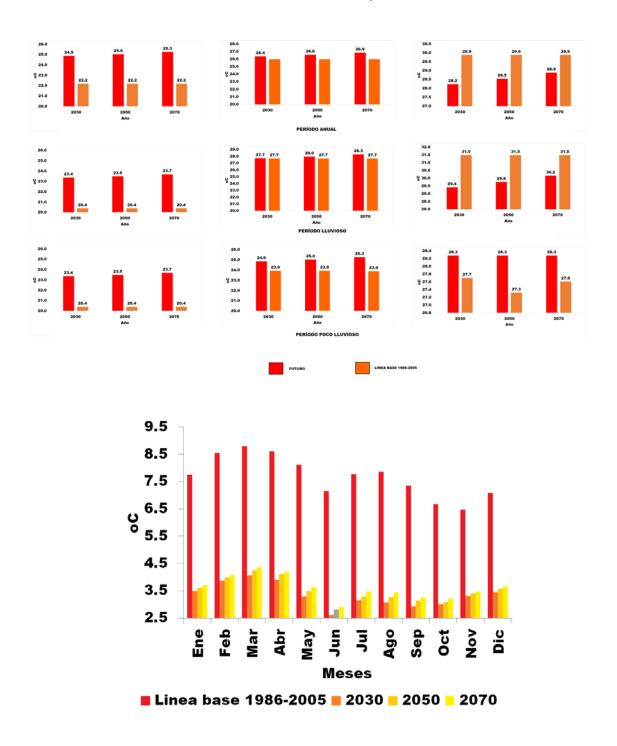


Figura 19. Oscilación diurna de la temperatura a escala mensual en la línea base 1986-2005 y según los escenarios RCP 8.5.

Continuando con el análisis de la oscilación de la temperatura, la Figura 20 muestra, a escala espacial, la reducción de la oscilación diurna de la temperatura

del futuro respecto a la línea base 1986-2005. En esta figura se resalta que las mayores disminuciones se producirán en la zona meridional de la Isla, donde precisamente se desarrolla la principal actividad socio económica de este territorio.

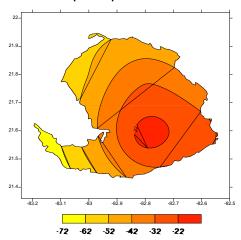


Figura 20. Distribución porcentual de la reducción de la oscilación diurna de la temperatura respecto a la línea base 1986-2005. RCP 8.5

En general hacia el final del Siglo XXI se produce un incremento de la temperatura en toda la Isla, sobre todo hacia el centro y la costa sur. Como ha sido expresado anteriormente, las temperaturas máximas no muestran incrementos importantes, aunque si tiene una distribución territorial similar a la mencionada. Este cambio en el patrón de distribución espacial de la temperatura es coherente con la mayor reducción que, hacía el sur del territorio, se viene observando en la cobertura nubosa, que en consecuencia produce un aumento de la radiación solar.

La Figura 21 representa la distribución espacial de la temperatura media, máxima y mínima en los períodos anual, lluvioso y poco lluvioso, para el escenario RCP 8.5, comparado con la correspondiente distribución en la línea base 1986-2005. Es interesante como se produce la transición en la distribución espacial de la temperatura, en el año 2030 el patrón aun es similar con el actual y en el 2050 ya se produce un cambio, tanto en la distribución territorial como en la magnitud que alcanzan las temperaturas, siendo más cálida la región centro sur de la Isla.

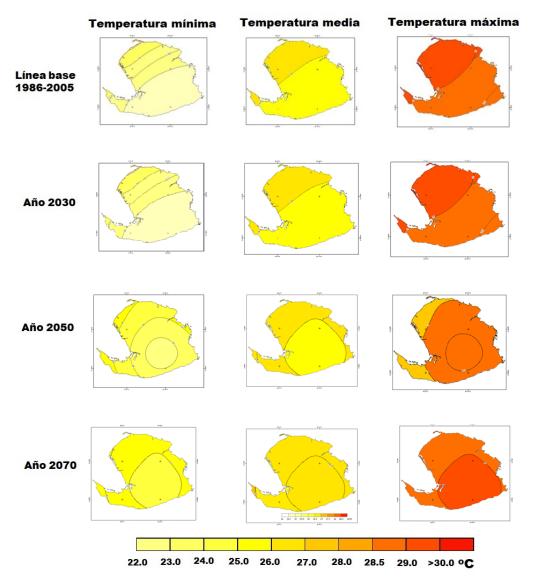


Figura 21. Distribución espacial de la temperatura promedio anual mínima, media y máxima. Escenario RCP 8.5.

Otro elemento importante en los cambios que se producirán en el comportamiento de la temperatura del aire, es en la marcha anual de la temperatura media en su paso por encima y por debajo de 20°C y de 25°C, que es un indicador fundamental para la actividad agrícola (Solano et al., 2012). Se diferencian dos períodos: por encima de 25°C, fecha relacionada con el comienzo del período lluvioso y con el inicio del crecimiento intensivo de algunos cultivos perennes, y por debajo de 25°C, fecha vinculada al comienzo del período poco lluvioso, así como el inicio de la siembra de los cultivos anuales (Palenzuela y Bidzinashvili, 1979; Palenzuela et al., 1982; Palenzuela et al., 1983). Según Solano et al. (2012), la duración media del período con temperaturas superiores a 25°C en la Isla de la Juventud muestra tendencia al aumento en los últimos años.

Los gráficos de la Figura 22 comparan, por intervalo de frecuencia, la temperatura mínima y máxima promedio mensual de la línea base respecto a las proyecciones

futuras. En estos gráficos se observan cambios notables en las temperaturas mínimas, que se incrementan respecto a la línea base de manera notable en el intervalo mayor a 25°C, en todos los meses del año; un aumento en intervalo entre 20°C y 25°C, en los meses invernales, así como un incremento de temperaturas mínimas inferiores a 20°C. Las temperaturas máximas promedio no revelan cambios significativos. Estos resultados son coherentes con lo descrito en el acápite de variaciones y cambios en el clima, y de gran importancia para las proyecciones de desarrollo previstas en la Isla de la Juventud.

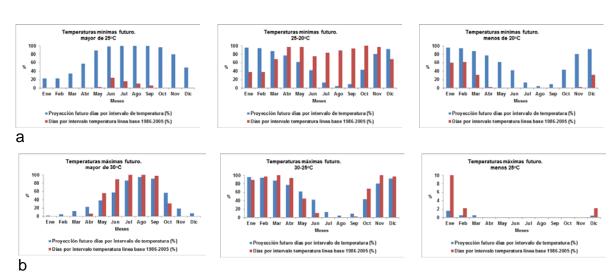


Figura 22. Distribución porcentual de los días con temperaturas por intervalos: (a) temperatura mínima promedio mensual y (b) temperatura máxima promedio mensual.

También es relevante lo descrito en Pérez et al. (2016) con relación al comportamiento de los indicadores extremos de la temperatura. En este sentido, concuerda con lo descrito anteriormente por Solano et al. (2012), "los valores extremos de temperatura mínima se incrementan significativamente produciéndose un incremento en el número de días con temperaturas mínimas por encima de 20°C y en el por ciento de días y noches cálidas"; lo cual también se manifiesta en la proyección hecha para tales indicadores por los propios autores; por su parte adicionalmente señalan que "los días fríos decrecen y las temperaturas máximas son cada vez más altas, presentándose episodios de varios días consecutivos con temperaturas máximas extremas, provocando sensaciones muy calurosas".

Precipitación

Los cambios proyectados para la precipitación tienen una alta incertidumbre y no evidencian una tendencia clara en el comportamiento de esta variable. En el trabajo de Pérez et al. (2016) se afirma que las variaciones de la precipitación para los meses de julio y agosto parecen sugerir que, en el futuro, la sequía de medio verano se presentará con igual o mayor intensidad que en el período de referencia, acompañada de un fuerte calentamiento. La Figura 23 corrobora la afirmación hecha sobre el déficit de lluvia del verano.

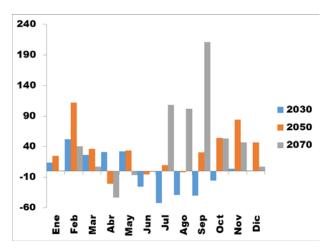


Figura 23. Relación porcentual entre promedios mensuales de la precipitación modelada para el RCP 8.5 y el promedio de la lámina observada en el período 1986-2005.

En sentido general para el futuro no se estiman cambios significativos en la estructura de la distribución espacial de las láminas de lluvia, con la excepción de lo proyectado para el año 2030, donde ocurre un desplazamiento de los máximos hacia el sureste (Figura 24). Concordando con lo expresado por Pérez et al. (2017), en la Isla de la Juventud se incrementa la precipitación en los meses comprendidos entre mayo y octubre; por lo que puede asumirse que se mantienen los patrones que provocan la lluvia y por tanto su manera de distribuirse espacialmente. En los meses del período poco lluvioso si se observan cambios estructurales en la distribución de la precipitación.

Interesante resulta el análisis de la diferencia entre la distribución espacial de la precipitación para los escenarios estimados en Planos et al (2018) y la línea base. El escenario RCP 4.5 es el más desfavorable; porque predominan los déficits de lluvia significativos en toda la ínsula para todos los horizontes temporales considerados. En el resto de los escenarios se observa el predominio del incremento de la precipitación para los años 2050 y 2070. El año 2030 es el más crítico en todos los casos.

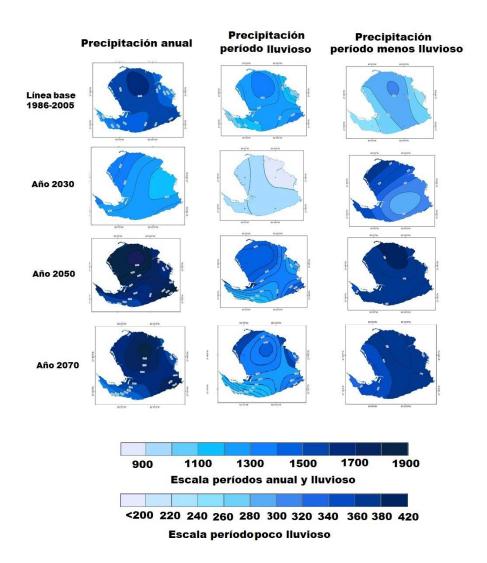


Figura 24. Distribución espacial de la lámina de precipitación, estimada para los períodos anual, lluvioso y poco lluvioso, escenario RCP 8.5.

LÍNEA BASE HIDROLÓGICA

Por el carácter universal que tiene el agua para todos los ecosistemas y sectores socioeconómicos, en los estudios de impacto del cambio climático es indispensable estudiar las variaciones y los cambios en las variables hidrológicas y, además, determinar el balance hídrico de los territorios. Tanto en la línea base como en las estimaciones a futuro, clima-agua deben ser la base para la determinación de los impactos y la elaboración de medidas de adaptación.

La disponibilidad de agua y el modo como se distribuye espacial y temporalmente, es determinante para el desarrollo de los sectores socio económicos y de los ecosistemas, así como para la mitigación y adaptación al cambio climático. En el caso de la Isla de la Juventud no existe una red de estaciones hidrológica fluvial, de manera que el estudio que a continuación se presenta, se fundamenta en

métodos indirectos y específicamente en el balance hídrico. En este caso, dada la relación que tiene el recurso agua con los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en los sectores aquí incluidos, en la mayoría de los tópicos abordados se ejemplifican los tres escenarios RCP considerados para este resultado.

Balance hídrico período 1986-2005

El balance hídrico se obtuvo mediante la metodología de Budiko (1974) En la tabla 1 se resume el valor promedio de las principales variables del mencionado balance. Estos datos reflejan la importancia que en la Isla de la Juventud tiene la precipitación de los meses lluviosos, que son responsables del 94% del agua existente del municipio especial.

Tabla 1. Valor promedio de componentes del balance hídrico en mm en la Isla de la Juventud. Período 1986-2005. Área Meridional de la Isla.

Variable	Anual	Período húmedo	%	Período seco	%
Precipitación	1542	1263	82	279	18
Evapotranspiración real	998	751	75	325	25
Lámina de escurrimiento	543	512	94	31	6

En correspondencia con el comportamiento de la precipitación en los meses de mayo a octubre, el estado general de los recursos hídricos ha sido favorable. La variabilidad interanual de la lámina de escurrimiento anual no refleja contrastes significativos (Figura 25). El recurso hídrico potencial estimado para toda el área de la Isla (1986- 2005), es de 926 Hm³, y para la porción considerada por el INRH para la estimación de esta categoría de recurso hídrico es de 488 Hm³.

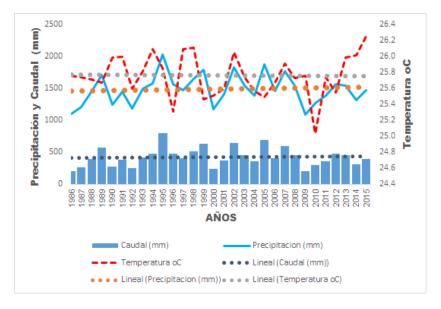


Figura 25. Marcha anual de variables del balance hídrico anual en la Isla de la Juventud. Precipitación, Caudal y Temperatura.

FUTURO HIDROLÓGICO

Escurrimiento

Distribución espacial

La distribución del escurrimiento refleja, en gran medida, el patrón espacial de la precipitación, por la relación directa que existe entre esas dos variables. No obstante, localmente se observan diferencias en la estructura, como consecuencia de la dependencia del escurrimiento de otros factores zonales, que también condicionan que el coeficiente de escurrimiento sea bajo y que el impacto de la disminución de la precipitación se refleje en menor cuantía en su transformación en recurso hídrico. La Figura 26 representa la distribución de la lámina de escurrimiento para los períodos anual, lluvioso y poco lluvioso en el RCP 8.5, comparado con la línea base 1986-2005, y la Figura 27 la diferencia porcentual de las distribuciones espaciales con respecto a la línea base.

La afectación principal a las reservas de agua de la Isla de la Juventud, como consecuencia del cambio climático, está en la combinación que se produce en la distribución mensual y estacional de los impactos negativos, que, como medida de adaptación, obligará a reducir la explotación del agua en los momentos donde no existan problemas, para garantizar el abasto del recurso en determinados períodos de déficit.

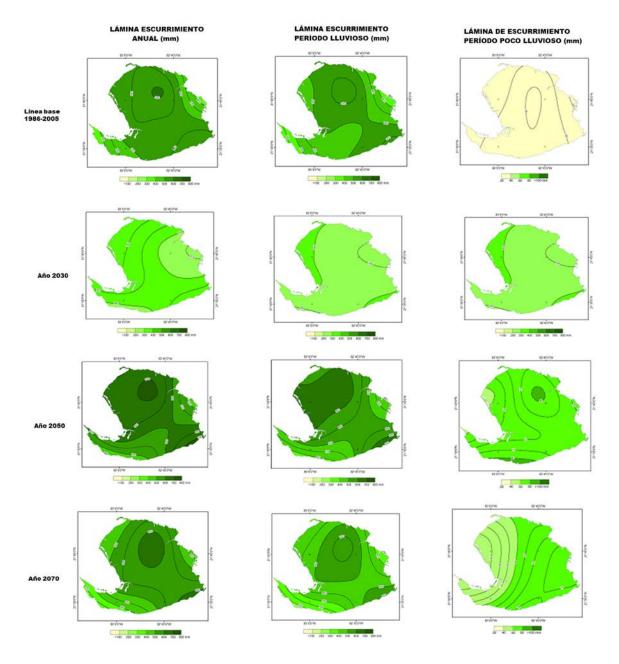


Figura 26. Distribución espacial de la lámina de escurrimiento (mm) períodos anual, lluviosos y poco lluvioso en la línea base 1986-2005 y RCP 8.5

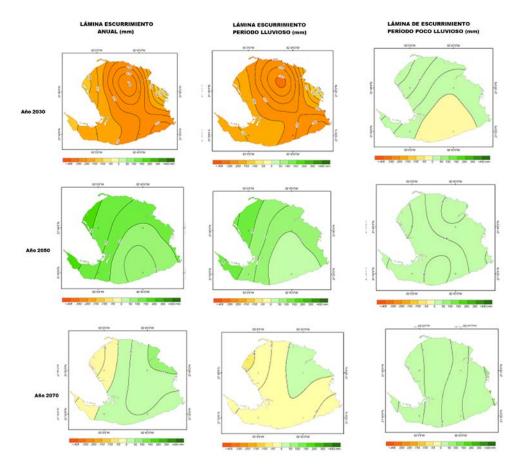


Figura 27. Diferencias entre la distribución del escurrimiento (mm) estimada para los años 2030, 2050 y 2070 en los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5, respecto a la línea base 1986-2005. Período poco lluvioso

Distribución mensual

La distribución mensual del escurrimiento es fundamental para la planificación de las entregas de agua a sus usuarios. Precisamente por ello, y por el rol que tiene para las medidas de adaptación.

La tabla 2 contiene el escurrimiento por meses en la línea base, comparada con lo estimado para los tres escenarios aquí evaluados. Junio y septiembre son los meses que más contribuyeron, en esos años, al total anual; ambos meses aportaron el 53% del agua potencial de la Isla, seguidos por mayo, agosto y octubre, con el 33%. Idéntico peso en el total de agua de un año tienen los meses mencionados en los escenarios modelados.

La estructura de la distribución interanual de la lámina de escurrimiento se mantiene, porque la modelación del clima a futuro asume que se conserva la variabilidad histórica, lo que también se refleja en la hidrología. Sin embargo, lo importante es analizar las anomalías de la distribución mensual del agua respecto a la línea base (Figura 28), como se relaciona a continuación:

 RCP 2.6, donde la cantidad de agua es menor respecto a la línea base solo en el año 2030, las anomalías reflejan el predominio de valores negativos y pocos excesos relevantes, excepto en el mes de septiembre. Esta distribución no es favorable para la operación del sistema hidráulico, porque implica que se trabaje con déficit en la mayor parte del año, sobre todo en los meses del período húmedo.

- RCP 4.5, es el menos favorecido en las proyecciones a futuro. A escala mensual predominan las anomalías negativas, y las positivas son no son significativas. Por tanto, esta es una situación muy desfavorable para el manejo del agua, en la que, de producirse, obligará a trabajar en zona de emergencia hidráulica.
- RCP 8.5, se vislumbra con una situación favorable de agua en los meses del período lluvioso, menos en el año 2070. Aunque en los meses menos lluviosos la situación es en general desfavorable, lo que obligaría a una gestión del agua en los meses húmedos que preserve el preciado líquido para los meses comprendidos entre noviembre y abril.

	A ~ .		Meses											
Escenario Año	Año	Magnitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
LINEA	1986-	Lámina	6.7	2.8	2.6	3.5	46.7	117.3	43.5	73.3	170.0	61.5	9.4	5.9
BASE	2005	%	1.2	0.5	0.5	0.7	8.6	21.6	8.0	13.5	31.3	11.3	1.7	1.1
	2030	Lámina	9.7	3.6	2.3	2.4	34.9	88.7	7.7	16.3	84.5	23.8	8.8	1.1
	2030	%	3.4	1.3	0.8	0.8	12.3	31.2	2.7	5.8	29.8	8.4	3.1	0.4
RCP 2.6	2050	Lámina	11.3	13.9	0.7	7.3	62.7	123.4	30.6	54.7	231.0	70.7	15.2	3.8
KCF 2.0	2050	%	1.8	2.2	0.1	1.2	10.0	19.7	4.9	8.7	36.9	11.3	2.4	0.6
	2070	Lámina	12.6	18.9	5.6	3.9	36.3	121.7	45.4	58.4	253.8	86.2	10.3	6.1
	2070	%	1.9	2.9	0.8	0.6	5.5	18.5	6.9	8.9	38.5	13.1	1.6	0.9
20	2030	Lámina	1.4	3.8	0.4	7.5	54.1	33.3	5.2	13.2	91.5	45.2	6.1	11.1
	2000	%	0.5	1.3	0.1	2.6	19.0	11.7	1.8	4.6	32.2	15.9	2.1	3.9
RCP 4.5	2050	Lámina	11.2	3.0	1.9	1.3	31.8	61.0	19.1	36.4	160.0	62.8	5.1	1.3
1101 4.5	2000	%	1.8	0.5	0.3	0.2	5.1	9.8	3.1	5.8	25.6	10.1	0.8	0.2
	2070	Lámina	9.0	18.0	4.6	8.7	40.7	53.6	17.4	32.0	129.8	82.5	6.3	2.1
	2010	%	1.4	2.7	0.7	1.3	6.2	8.1	2.6	4.8	19.7	12.5	1.0	0.3
	2030	Lámina	8.8	15.6	5.1	0.9	80.1	77.8	43.3	65.6	207.8	110.2	31.3	8.3
	2000	%	3.1	5.5	1.8	0.3	28.2	27.4	15.2	23.1	73.2	38.8	11.0	2.9
RCP 8.5	2050	Lámina	6.3	6.4	1.6	2.2	62.1	110.9	16.4	46.5	169.7	88.0	40.3	3.5
1.01 0.5	2000	%	1.0	1.0	0.3	0.3	9.9	17.8	2.6	7.4	27.2	14.1	6.5	0.6
	2070	Lámina	9.0	18.0	4.6	8.7	40.7	53.6	17.4	32.0	129.8	82.5	6.3	2.1
	2070	%	1.4	2.7	0.7	1.3	6.2	8.1	2.6	4.8	19.7	12.5	1.0	0.3

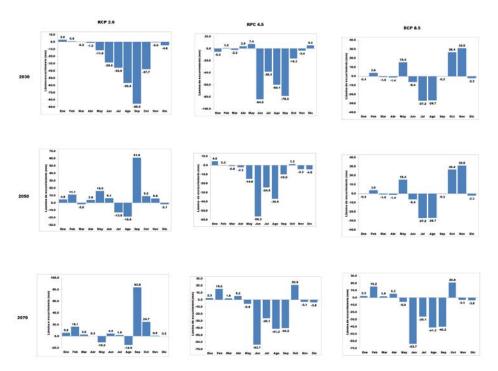


Figura 28. Diferencias entre láminas de escurrimiento estimadas para los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5 y la correspondiente a la línea base 1986-2005

Balance hídrico

El balance hídrico en los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5 para el período anual y los estacionales, muestra que hacia el 2030 se producirá una depresión en la cantidad de agua potencial en todos los escenarios, y que el escenario más desfavorable es el RCP 4.5, dado que la proyección muestra una reducción de los recursos hídricos para el 2030, 2050 y 2070 (Figura 29). La única diferencia en el comportamiento del balance se observa en los meses secos del año 2070.

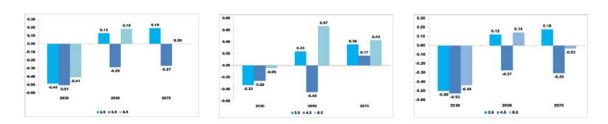
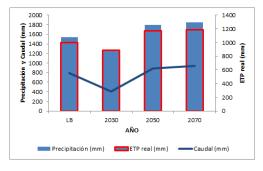
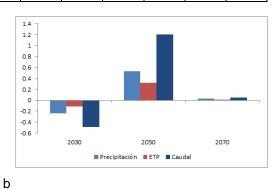


Figura 29. Anomalía de lámina de escurrimiento anual correspondiente a los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al observado en el período 1986-2005: a) período anual, b) período húmedo y c) período seco.

En la secuencia de tablas de la 3 a la 5 y de figuras 29 a la 37 se muestra el balance hídrico anual y estacional para los mencionados escenarios, comparados con la línea base 1986-2005 y las anomalías respecto a la línea base.

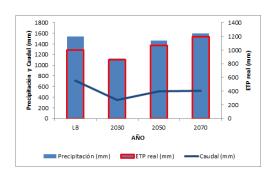
	Período referencia	Escenarios								
Variables		RCP 2.6 RCP 4					CP 4.5			5
	1986-2005	Años								
		2030	2050	2070	2030	2050	2070	2030	2050	2070
P (mm)	1542	1170	1797	1846	1127	1462	1594	1264	1816	1701
ETP (mm)	998	886	1171	1186	854	1067	1190	938	1161	1147
Q (mm)	553	284	625	659	273	395	405	327	655	554
W (Hm³)	750	385	848	893	370	536	549	443	888	751

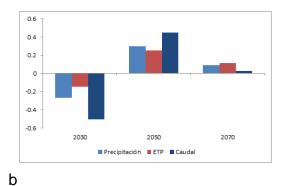




а

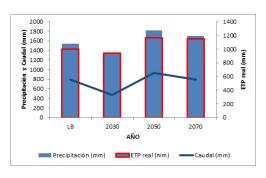
Figura 29. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico anual en el escenario RCP 2.6 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico anual en el escenario RCP 2.6 para los años 2030, 2050 y 2070.

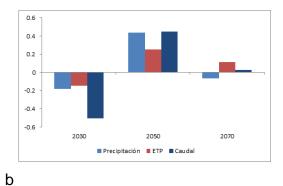




а

Figura 30. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico anual en el escenario RCP 4.5 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico anual en el Escenario RCP 4.5 para los años 2030, 2050 y 2070.



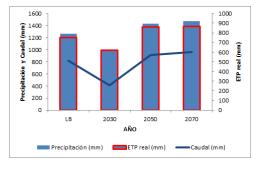


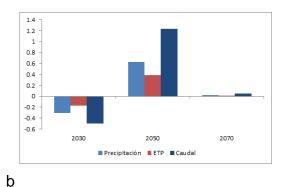
a

Figura 31. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico anual en el escenario RCP 8.5 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico anual en el escenario RCP 8.5 para los años 2030, 2050 y 2070.

Tabla 4. Balance hídrico período húmedo (mayo – octubre) en la Isla de la Juventud para los escenarios de cambio climático.

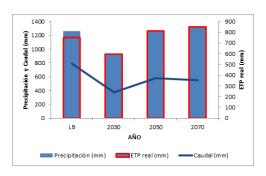
	Período referencia	Escenarios									
Variables		RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5			
	1986-2005	Años									
		2030	2050	2070	2030	2050	2070	2030	2050	2070	
P (mm)	1262	878	1433	1469	837	1182	1205	932	1413	1317	
ETP (mm)	751	622	860	867	595	810	849	645	828	823	
Q (mm)	511	256	573	602	242	372	356	287	585	494	
W (Hm³)	693	347	777	816	328	504	483	389	793	670	

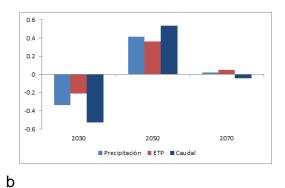




а

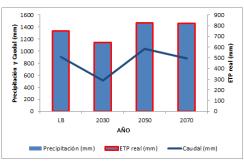
Figura 32. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico en el período húmedo en el escenario RCP 2.6 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico del período húmedo en el escenario RCP 2.6 para los años 2030, 2050 y 2070.

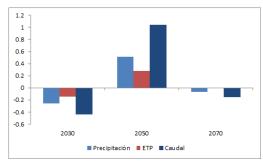




а

Figura 33. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico en el período húmedo en el escenario RCP 4.5 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico del período húmedo en el escenario RCP 4.5 para los años 2030, 2050 y 2070.





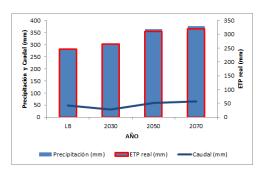
а

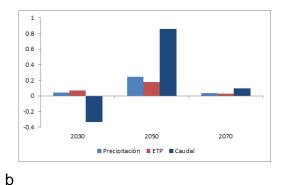
Figura 34. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico en el período húmedo en el escenario RCP 8.5 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico del período húmedo en el escenario RCP 8.5 para los años 2030, 2050 y 2070.

b

Tabla 5. Balance hídrico período seco (noviembre – abril) en la Isla de la Juventud para los escenarios de cambio climático.

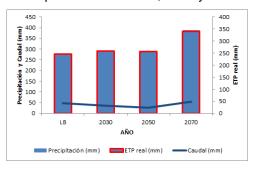
escenarios de cambio climatico.												
	Período referencia	Escenarios										
Variables		RCP 2.6 RCP 4.5							RCP 8.5			
	1986-2005 Años											
		2030	2050	2070	2030	2050	2070	2030	2050	2070		
P (mm)	280	292	364	377	290	280	389	332	403	384		
ETP (mm)	247	264	311	319	259	257	341	293	333	324		
Q (mm)	42	28	52	57	31	23	49	40	70	60		
W (Hm³)	57	38	71	77	42	32	66	54	95	81		

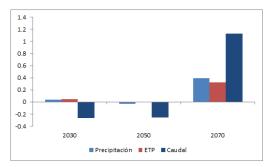




а

Figura 35. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico en el período seco en el escenario RCP 2.6 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico del período seco en el escenario RCP 2.6 para los años 2030, 2050 y 2070.

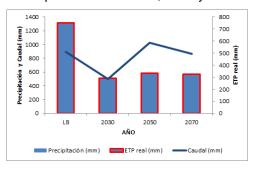


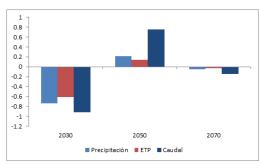


а

Figura 36. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico en el período seco en el escenario RCP 4.5 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico del período seco en el escenario RCP 4.5 para los años 2030, 2050 y 2070.

b





а

Figura 37. (a) Comportamiento de componentes del balance hídrico en el período seco en el escenario RCP 8.5 para los años 2030, 2050 y 2070 comparados con la línea base 1986-2005. (b) Anomalías de componentes del balance hídrico del período seco en el escenario RCP 8.5 para los años 2030, 2050 y 2070.

b

Con el fin de hacer un análisis más preciso en el caso del agua, la tabla 6 representa los recursos hídricos potenciales y aprovechables para todos los escenarios en la zona meridional de la Isla de la Juventud. La Figura 38 muestra

las anomalías de la distribución interanual del escurrimiento respecto a la distribución histórica (1986-2005), donde se aprecia el predominio del comportamiento desfavorable del escurrimiento en los meses lluviosos.

Tabla 6. Recursos hídricos potenciales y aprovechables para los escenarios de cambio climático en

la zona meridional de la Isla de la Juventud.

		Perío	odo anual	Período Iluvioso	Período poco Iluvioso
Escenario/año		Recursos hídricos potenciales (Hm³) Recursos hídricos aprovechables (Hm³)		Recursos hídricos potenciales (Hm³)	Recursos hídricos potenciales (Hm³)
Línea base (1986-2005)		488	302	459	30
	2030	265	164	237	28
RCP 2.6	2050	575	356	523	52
	2070	607	376	551	56
	2030	250	155	221	29
RCP 4.5	2050	357	221	334	23
2070		374	374 232		49
	2030	311	193	272	39
RCP 8.5	2050	597	370	528	69
	2070	515	319	452	64

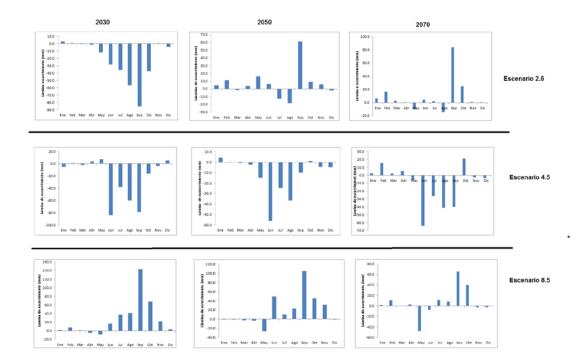


Figura 38. Anomalías de la distribución interanual del escurrimiento respecto a la distribución histórica (1986-2005) en la zona meridional de la Isla de la Juventud.

CAMBIO CLIMÁTICO Y SECTORES SOCIECONÓMICOS

Este análisis se realiza con un enfoque holístico, sobre la base de los presumibles impactos que podría ocasionar el cambio climático, utilizando como referencia otros estudios de impacto y adaptación hechos para Cuba y el plan de desarrollo integral esbozado para la Isla de la Juventud hasta el 2020. Esto es esencialmente un análisis dirigido a poner énfasis en los aspectos del cambio climático que deben ser tenidos en cuenta para proponer medidas de adaptación que se incorporen en las actuales políticas.

La meta planteada para el desarrollo de la Isla es lograr un municipio con independencia agroproductiva, que además exporte producciones a la isla mayor del territorio nacional y al extranjero. Esto deberá hacerse en un escenario futuro, en el que se combinan el aumento de la temperatura del aire, cambios importantes en el régimen hidrológico del territorio y otras amenazas, como el aumento del nivel medio del mar y la transformación de la dinámica marino costera.

Limitantes climáticas e hidrológicas para el desarrollo

Las limitaciones fundamentales que impone el cambio climático para el desarrollo socio económico de la Isla de la Juventud, que deben ser tenidas en cuenta para la adaptación, son las que se relacionan a continuación:

- Aumento de la temperatura promedio del aire
- Aumento de la temperatura mínima promedio del aire
- Disminución de la oscilación térmica
- Disminución de la cobertura nubosa
- Aumento de la radiación solar
- Incremento de las precipitaciones y los días con lluvia del período lluvioso y ligera reducción de los totales de lluvia del período poco lluvioso
- Redistribución interanual del escurrimiento.

Impactos en sectores socioeconómicos

Sector Hidráulico

Disponibilidad de agua

Según el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, el potencial de agua de la Isla de la Juventud es de 524 Hm³, de los cuales 434 son superficiales y 90 subterráneos. Estas cifras no incluyen el área meridional comprendida por la "Ciénaga de Lanier" y la "Llanura Sur", se refieren a la zona septentrional (1 337 km²). Los recursos aprovechables son 235 Hm³. La tabla 7 muestra la distribución de los recursos hídricos según su categoría de potencial, aprovechable y disponible (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012), mientras la tabla 8 ofrece una visión detallada del uso del agua en la Isla de la Juventud. De esta última tabla se puede concluir que los principales destinos del preciado líquido en el 2014 fueron: población (24%), arroz (20%), viandas y hortalizas (16%), granos (8%)

Tabla 7. Recursos hídricos de la Isla de la Juventud por categorías en Hm³. Fuente: Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012

Categorías	Superficial	Subterráneo	Total
Potencial	434.0	90.0	524.0
Aprovechable	235.0	90.0	325.0
Disponible	153.0	22.3	175.3

El diagnóstico realizado por el Gobierno del Municipio Especial la Isla de la Juventud sobre la disponibilidad de recursos hídricos, con vista al Plan de Desarrollo Integral hasta el año 2020 (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012), asegura "que el potencial hídrico permite garantizar las demandas actuales y perspectivas previstas", y que "la calidad del agua en general es satisfactoria, aunque existen varias fuentes que presentan alteraciones en algunos de sus parámetros (cloruros, sales solubles totales, nitratos, nitritos, amoníaco o coliformes totales) motivados por la sobreexplotación en la cuenca subterránea Gerona, el empleo de sustancias químicas en la agricultura y por la disposición incorrecta de residuales". Sin embargo, el estrés hídrico es elevado, calculado por Piñón (2012) en 51.5%

El informe del Gobierno también indica que "como tendencia en los últimos 5 años, el agua balanceada anualmente ha estado en el rango de 24 Mm³ a 47 Mm³, siendo significativo el incremento del plan arrocero, alcanzando 14.4 Mm³, el agua subterránea representa el 32,8%, destinándose fundamentalmente al abasto de la población y los servicios, mientras que el 67,2 % del agua superficial es usada para la producción de alimentos"

Tabla 8. Distribución del agua en la Isla de la Juventud por usuario y actividad en Hm3. Año 2014

INSTITUCIÓN	PLAN	REAL	INSTITUCIÓN	PLAN	REAL
MINAG	32.328	23.988	MICONS	0.363	0.303
Rama No Cañera	30.592	22.254	MINFAR	0.12	0.116
Arroz	13.77	8.745	MININT	0.279	0.267
Cítricos y Frutales	2.2	0.644	MINEM	0.023	0.01
Viandas y Hortalizas	8.14	6.877	CUPET	0.004	0.001
Tabaco	0.435	0.447	UNE	0.019	0.009
Granos	3.877	3.443	MES	0.03	0.009
Pastos y Forrajes	1.26	1.262	MINTUR	0.088	0.087
Otros Cultivos	0	0.039	MINAL	3.22	3.01
Maiz	0.91	0.797	BIOCUBAFARMA	0	0
Ganadería	1.7	1.661	MINDUST	0.015	0.014
Otros Abastos	0.036	0.073	OTROS USUARIOS	0.091	0.099
AZCUBA	0.089	0.087			

INRH	14.826	14.843
Acueducto	14.504	14.574
Sector Residencial	10.167	10.331
Sector Estatal	2.472	2.396
Otros Abastos	0.035	0.000
Perdidas Del Sistema	1.865	1.847
Perdidas en Canales	0.000	0.000
Gasto Sanitario	0.322	0.269
TOTAL	51.472	42.832

El sistema hidráulico de la Isla es relevante, en relación con la extensión del territorio y su número de habitantes. La Figura 39 representa la estructura hidráulica de esta ínsula, donde coexisten 13 embalses, 7 micropresas y 9 cuencas subterráneas.



Figura 39. Sistema hidráulico de la Isla de la Juventud. Fuente: (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

El diagnóstico realizado para el plan de desarrollo estratégico afirma que en los últimos años la demanda de agua ha sido satisfecha sin dificultades, balanceándose entre 24 y 47 Hm³ anualmente; cifra muy por debajo de la capacidad embalsada y disponible subterráneamente, que conjuntamente alcanzan 175 Hm³. Como ya se ha expresado, en la Isla de la Juventud la disponibilidad de agua, en cuanto a cantidad, no parece ser un factor limitante para el desarrollo; aunque si debe prestarse atención a que, en todas las estimaciones realizadas, en los próximos años debe producirse una reducción significativa de las potencialidades de agua en determinados meses y que de establecerse la situación proyectada para el escenario RCP 4.5, habrá un déficit de agua progresivo hasta el 2070.

Habrá que prestar atención al reordenamiento que tendrá la distribución interanual del escurrimiento, por su influencia en la administración de las entregas de agua. La Figura 40 es un gráfico que combina el crecimiento porcentual interanual del escurrimiento en la línea base y del promedio de los resultados obtenidos para los tres años futuros que se discuten en este trabajo, con la diferencia entre ambos crecimientos. Se muestra el predominio del comportamiento desfavorable del escurrimiento en los meses lluviosos, particularmente en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, con déficit pronunciados en los meses de junio, julio y agosto. De manera, que el impacto principal sobre la disponibilidad de agua es en la

distribución interanual del escurrimiento, lo que implica que sea necesario reajustar la hidroeconomía de los embalses.

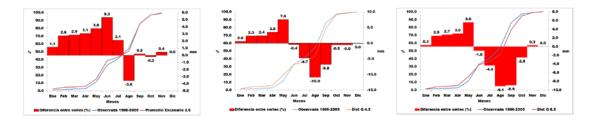


Figura 40. Comparación del crecimiento interanual del escurrimiento (%) para la línea base 1986-2005 y el promedio de los resultados obtenidos en cada escenario, y diferencia entre ambos crecimientos

Sector Agropecuario

En las proyecciones futuras para el desarrollo se pone énfasis en el sector agropecuario, con el propósito de lograr una independencia agroproductiva y hacer de este sector una fuente de ingreso a la economía del Municipio Especial. Una de las fortalezas contemplada para este propósito es la elevada disponibilidad de agua que existe y la disponibilidad de tierras aun no explotadas. Desde el punto de vista climático, sobre el sector agropecuario, especialmente en la actividad agrícola, el aumento de la temperatura del aire, particularmente de la mínima, y la disminución de la oscilación diurna, combinado con la manera como se distribuye el agua y la ocurrencia de períodos de déficit de este recurso, son elementos fundamentales que deben tenerse en cuenta para cualquier proyección en el sector.

La tabla 11 contiene las previsiones para la producción de algunos cultivos, según los planes del Gobierno de la Isla de la Juventud para el año 2020. La tabla muestra las toneladas planificadas y la cantidad de hectáreas que estos cultivos ocuparán, relacionados con las normas de agua establecidas por el por el Ministerio de la Agricultura (Duarte et al, 2016). Las necesidades de agua para estos incrementos pueden ser satisfechas por las disponibilidades actuales y futuras

Como se ha afirmado, los cambios en las temperaturas parecen ser el factor que tendrá mayor impacto en la actividad agropecuaria de la Isla. En el trabajo de Solano et al. (2012) se afirma que "la temperatura del aire en Cuba no constituye un factor limitante para el desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas que tradicionalmente se cosechan en el país, ya que durante casi todo el año se mantiene por encima de los ceros biológicos". No obstante, los cambios proyectados para esta variable pueden tener incidencia significativa en los planes de desarrollo de la Isla. A continuación, se analiza el posible impacto del cambio climático en algunos cultivos de la Isla de la Juventud.

Tabla 11. Incremento de requerimiento de agua en el 2020 por cultivos.

Cultivo	Producción (t)	На	Nueva norma agua por hectárea (1) (MM)
Arroz	4 302	2 588	29.2-21.0
Frijol	1 400	201	0.7
Cítricos	21 829	2 000	14.5-10.0
Frutales	12 060	1 996	7.0-9.3
Tabaco	276	400	0.8
Café	200	268.4	1.1
Tomate	1 225	110	0.5-0.4
Total	41 292	7 563.4	56.1- 41.0

(1) Fuente. Duarte et al. 2016

Arroz: Se pretende producir unas 4 000 toneladas de arroz, lo que equivale al 100% del arroz de consumo. También se propicia un ahorro neto anual, por sustitución de importaciones, de 9.82 millones de dólares hasta el 2020, y crear la independencia necesaria del territorio ante problemas climáticos y de logística. El incremento de la producción se logrará a partir de la elevación de los rendimientos, como consecuencia del mejoramiento de las condiciones productivas y el aseguramiento del paquete tecnológico de insumos productivos, además del incremento de áreas no explotadas en el caso de la producción de arroz. Para ello se utilizarán al máximo los recursos hídricos existentes en el territorio con bajo aprovechamiento, fundamentalmente para el empleo de riego por gravedad (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

Las principales áreas arroceras son: Mella, Ciro Redondo, Sabana Grande y El Vaquerito. Exceptuando la localidad de Mella, situada en el centro de la isla, el resto de las zonas se ubican en localidades donde son mayores los cambios en las temperaturas, desde el punto de vista del incremento de las mínimas, la frecuencia de temperaturas altas y la reducción de la oscilación diurna. En las localidades donde se encuentran estas fincas arroceras, la oscilación diurna de la temperatura el aire se reduce entre el 50 y 80%. La frecuencia de temperaturas máximas por encima de 30°C, principalmente en los meses del verano, es mayor del 50%.

Debe reflexionarse sobre el impacto de las temperaturas en el cultivo y la cosecha de este cereal: "el incremento de la temperatura superficial del aire, de la temperatura mínima y la disminución en el rango diurno de temperatura, aceleran los procesos biológicos de las plantas de arroz. Las temperaturas más elevadas favorecen un crecimiento acelerado, hasta cierto punto, porque temperaturas superiores al intervalo óptimo (23°C y 34°C son perjudiciales al crecimiento y a veces, a la propia vida de la planta" (MINAG, 2011). Por otra parte, también deberán revisarse las normas de agua para el cultivo del arroz, no solo por el reordenamiento interanual que existirá en el recurso, sino también porque los procesos de evapotranspiración, y la evaporación directa desde la superficie del agua aumentarán, incrementándose la pérdida del agua entregada para aniego.

<u>Tabaco</u>: El cultivo del tabaco se considera principalmente como renglón exportable (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012). Las condiciones climáticas óptimas para el cultivo del tabaco son resumidas por Hernández y Achkienazi (2011) de la manera siguiente: mientras mayor sea la amplitud térmica,

Un aporte al análisis de los impactos del cambio climático en islas pequeñas La Isla de la Juventud, Cuba

más calidad tendrá la cosecha. Una amplitud térmica óptima es entre 9 y 10°C. Las temperaturas máximas deben ser de 26°C y mínimas deben oscilar entre 15 y 18°C. Por otra parte, elevadas temperaturas favorecen la aparición de enfermedades, asociadas a la proliferación del hongo *Heliothis virescens*, la enfermedad de la pata prieta (*Phytophthora nicotianae*) y de *Fusarium spp.*, provocando grandes afectaciones en la calidad y rendimiento del cultivo (Planos et al., 2013).

La duración promedio del ciclo del cultivo es de septiembre a mayo y abarca desde la etapa de semillero, hasta el proceso de curación.

- Semillero: 15 agosto 15 diciembre.
- Plantación: 20 octubre 30 diciembre. La fecha óptima de trasplante es entre el 20 de octubre y el 30 de diciembre, pero en ocasiones por la incidencia de abundantes lluvias y de huracanes, se prolonga hasta el 15 de febrero.
- Curación: diciembre mayo.

Atendiendo a lo anterior, las condiciones climáticas futuras en la Isla de la Juventud no son favorables para el cultivo del tabaco, debido a que la oscilación térmica se reducirá considerablemente, a un promedio de 3 o 4°C, la frecuencia con que las temperaturas promedio anual y máxima rebasan los 26°C es alta, en los meses de trabajo del cultivo. Otro elemento de importancia para el desarrollo del tabaco, es el impacto esperado por lluvias intensas y extemporáneas. El calentamiento del aire en la Isla de la Juventud también favorecerá el desarrollo de plagas asociadas a este cultivo.

<u>Café</u>: Con este programa se sustituye la importación de café y se deja de transportar café elaborado en otros territorios hacia la Isla, y se crean nuevos empleos. Se cubre o satisface el 100 % de la demanda actual y queda un excedente para mayor oferta (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

En el caso del café es muy importante la elección de la variedad, por su relación con la temperatura. Para el cultivo del café, desde el punto de vista climático en la Isla de la Juventud, hay que tener en cuenta que el aumento de la temperatura obliga a plantar los cafetos antes y que se adelanta la maduración del grano, reduciéndose la duración del crecimiento y disminuyendo los rendimientos (Isaza y Cornejo, 2014). Asociado también con las altas temperaturas, se produce un incremento de ciertas plagas y enfermedades; haciéndose necesario un mayor control y encareciendo el cultivo. Los cambios en el régimen pluvial también pueden afectar el crecimiento de la planta de café.

<u>Bosques</u>: Se propone desarrollar la producción de biomasa para energía, modernizar y ampliar la de madera aserrada, tableros encolados y productos de carpintería, a partir de la utilización sostenible de los recursos forestales disponibles, usando la madera de bajas dimensiones y residuos de poca o ninguna utilización actual, y satisfacer las crecientes demandas del mercado local y nacional (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

En Planos et al. (2013), se indica que en el Municipio Especial Isla de la Juventud aparecen Bosques de Montaña (218,0 ha), Secos (7 444,1 ha), Pinares (32 304,9 ha), Costeros (81 781,6 ha) y predomina el Bosque Húmedo (21 2722,4 ha). De manera general, los impactos del cambio climático descritos para los bosques cubanos, que podrían esperarse en esta región del país, podrían ser los que a continuación se mencionan:

- Modificación de los patrones fenológicos de las especies arbóreas de montaña por el impacto del aumento de la temperatura del aire;
- inversión de la distribución anual del rendimiento medio mensual de resina de *Pinus caribaea*, por el efecto combinado del aumento de la temperatura y modificaciones en el régimen de precipitaciones;
- pérdida del patrimonio maderero y de biodiversidad en bosques costeros, como consecuencia del ascenso del nivel medio del mar; y pérdidas por el impacto del incremento de la afectación por huracanes intensos.

Los bosques de *Pinus caribaea y Pinus tropicalis* se reducirán a mediano y largo plazo en todos los escenarios y los nichos climáticos potenciales para *Pinus caribaea* se desplazarán al este; mientras que para el *Pinus tropicali* no existirán nichos favorables. Se estiman impactos mayores en áreas que hoy son fuentes de semillas *de Pinus caribaea* (Miranda, 2017).

Sector Energético

Se establecen medidas para disminuir el consumo de combustibles fósiles, se incrementa la generación eficiente de electricidad con la utilización de fuentes renovable de energía (biomasa forestal y solar fotovoltaica); entre las medidas se destacan la sustitución de los calentadores eléctricos por calentadores solares en los hoteles de la Isla y Cayo Largo. Como otra medida para disminuir el consumo de combustible se prevé el aprovechamiento de los desechos porcinos y vacunos, con la construcción de plantas de biogás para la cocción de alimentos, generación de electricidad y obtención de biofertilizantes para diferentes cultivos (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

Las experiencias existentes en la Isla sobre el uso de estas fuentes han sido satisfactorias. Según Laino (2009), en julio de 2008, "se culminó en Nueva Gerona, la introducción de calentadores chinos de agua, que favoreció a 400 personas y logró un ahorro de 20 a 30 kWh por vivienda, de acuerdo a la Unidad Empresarial de la ciudad. El proyecto, que alcanzó también a dos centros de salud, busca calcular el efecto de esta tecnología solar, en el marco de las demás iniciativas experimentales. Se reportaron datos positivos en cuanto a calidad y optimización del tiempo dedicado a los trabajos domésticos de lavado, ablandamiento de granos y hervida de agua para el consumo, aseo personal y cocción. Se espera expandir esta tecnología a otros sectores, como baños de asiento, peluquerías, lavanderías, y autoclaves para la esterilización de instrumentos médicos. Asimismo, en el sur de la Isla de la Juventud, fue inaugurado en 2007 el parque eólico "Los Canarreos" de 1,65 MW, compuesto de 6 aerogeneradores de 275 kW cada uno, ubicados en torres de 55 metros de altura. Este parque genera actualmente alrededor del 10% de la necesidad eléctrica del municipio, en horarios de máxima demanda".

Las proyecciones de cambio climático favorecen la utilización de las fuentes renovables de energía, particularmente la fotovoltaica, debido al aumento de la radiación solar, como consecuencia de la reducción de la cobertura nubosa. Debido a lo anterior, también las condiciones son favorables para el uso de calentadores solares en hoteles y en el sector residencial, como vía de ahorro de otras fuentes utilizadas para calentar el agua. Por otra parte, aunque en el plan de desarrollo hasta el 2020 no se prevé la ampliación de los parques eólicos, la capacidad de esta fuente se incrementará para mediados del presente siglo, aproximadamente entre 02-03 m/s (Roque, 2016).

Sector Turístico

El propósito es un desarrollo del turismo, dirigido a diversificar las opciones de turismo de naturaleza, aprovechando el potencial existente. Esto está orientado en cinco etapas, que tienen en cuenta las inversiones en cada polo turístico Cayo Largo, ciudad Nueva Gerona, Colony-Francés, Punta del Este y pueblo de Cocodrilo. Tributará a estas proyecciones la rehabilitación de las aguas mineros medicinales para el desarrollo turístico de salud (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

En el sistema turístico, el espacio geográfico es un factor fundamental, y como parte de éste, el clima es un elemento rector. Hay tres aspectos relevantes del clima para el turismo, clasificados en: térmicos, físicos y estéticos (Luque-Gila y Ruiz, 2014). El componente térmico es principalmente de naturaleza fisiológica y determina el bienestar de los turistas. La componente física se refiere a las características climáticas, como lluvia y viento, que puede causar daño físico o molestias. El componente estético representa las características del clima que pueden influir en la apreciación de los turistas desde un punto de vista paisajístico (Moreno y Amelung, 2009).

Las amenazas principales que implica el cambio climático para el turismo en la Isla, principalmente de sol y playa, se relacionan con la temperatura, la radiación solar, el incremento del nivel medio del mar y el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos severos.

El aumento de las temperaturas y de las noches cálidas, afectan el confort del turista, por la sensación de calor sofocante. Lo anterior tiene implicaciones en el consumo de electricidad, en el aumento de la demanda de agua y en el tipo de alimento que se consuma en las instalaciones turísticas. Por otra parte, el incremento de la radiación solar puede tener implicaciones de salud en los turistas por la exposición al sol. El incremento del nivel medio del mar representará pérdidas de áreas de playa, sobre todo en el archipiélago de Canarreos.

Sector de Salud Pública

La política a implementar en el Municipio en el sector de la salud, está encaminada a hacer eficiente y sostenible el sistema, a través de una atención integral de calidad que alcance la satisfacción de la población con los servicios prestados y que continúe mejorando los indicadores de salud de los pineros. Se proyecta ampliar las capacidades hospitalarias, de los consultorios del médico de

la familia y de otras instituciones de salud. Se prevé un hogar de ancianos con 50 camas (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012)

Este es un sector estratégico, sobre todo por el alto grado de envejecimiento de la población en la Isla. Aquí la población decrece a un ritmo más acelerado que la media nacional, a la vez que se envejece a un ritmo también más acelerado, de modo que en 20 años se empareja con el nivel de envejecimiento del país. La proyección de la población 2011-2020 es un proceso acelerado, que está acompañado de un decrecimiento en la masculinidad, y lo que apunta a ser un punto neurálgico en el futuro del territorio con un veloz envejecimiento, que para 2020 lo coloca en el límite de la categoría de muy envejecido.

Lo anterior obliga a fortalecer el sector de la salud en cuanto a la atención al adulto mayor y a los ancianos. En este caso el impacto del cambio climático será muy nocivo, por el comportamiento de la temperatura de aire y el aumento de la radiación solar. El calor sofocante, conjuntamente con el incremento de las noches cálidas, serán factores de alto riesgo para una población envejecida, para el que debe proyectarse una estrategia particular, más ambiciosa que lo previsto hasta el 2020.

Otros factores a tener en cuenta es el probable incremento de las poblaciones de mosquitos *Aedes aegypti*, siguiendo las tendencias observadas en el país son: necesidad de resolver las situaciones higiénico sanitarias descritas por el Gobierno de la Isla, que han favorecido el grado de infestación por vectores; y las situaciones que existen con determinadas enfermedades. Según las estadísticas de la Dirección Municipal de Salud, las infecciones respiratorias agudas (IRA) han mantenido un alza en los últimos años, mientras las enfermedades diarreicas y el asma no tienen una tendencia visible.

IMPACTOS EN LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

La biodiversidad de la Isla es afectada por acciones inadecuadas: la deforestación de décadas pasadas; talas ilegales; incendios forestales; ocupación de parcelas con cultivos en áreas destinadas a la reforestación; surgimiento de áreas arroceras al norte de la "Ciénaga de Lanier"; disminución de la población de quelonios debido a la captura; disminución de la cantidad de peces de gran talla, por uso de artes de pesca incorrectos y el uso no controlado de conchas y otros materiales naturales para la artesanía. A pesar de todas las transformaciones llevadas a cabo en el territorio, éste conserva gran parte de su vegetación natural, extendida en casi todo el sur pinero. Esto contribuye a la existencia de un conjunto de ecosistemas con un gran valor genético, florístico, faunístico, alto endemismo, además de un amplio potencial turístico. Por ello, el Gobierno ha propuesto cinco áreas protegidas, además de la ya existente en "La Cañada", estas son: Reserva Ecológica Este de Cayo Largo; Reserva Ecológica Punta del Este; Reserva Ecológica Los Indios; Parque Nacional Punta Francés; y Sur de la Isla de la Juventud, incluyendo la Ciénaga de Lanier (aprobada como sitio RAMSAR y se trabaja en la propuesta de Reserva de la Biosfera.

Para enfrentar el impacto del cambio climático sobre la diversidad biológica y los ecosistemas naturales es necesario, en primer lugar, devolver la funcionalidad

plena de los ecosistemas como defensa natural (Planos et al, 2013). Por ello, el establecimiento de áreas protegidas es importante en la estrategia de adaptación al cambio climático, así como todas las acciones que relacionadas con la rehabilitación de los ecosistemas se tomen, sean parte o no de áreas protegidas.

Para este estudio no se hizo un análisis de estos problemas en la Isla de la Juventud, pero por su importancia se abordan, basado en los resultados del trabajo realizado para la Segunda Comunicación Nacional (SCN) a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en otros trabajos disponibles.

Vulnerabilidad de especies

Algunas de las conclusiones incluidas en la SCN, que deben tenerse en cuenta para el manejo de la diversidad biológica en este territorio, son las siguientes:

- <u>Anfibios terrestres y costeros</u>: muy vulnerables por su elevada sensibilidad a la temperatura, a la aridez y poca capacidad colonizadora.
- <u>Moluscos terrestres y costeros</u>: muy vulnerables por ser muy sensibles al decremento de las precipitaciones, poca capacidad colonizadora y determinadas especies costeras por la destrucción de sus hábitats por la elevación del nivel del mar.
- Reptiles terrestres y costeros: muy vulnerables por su elevada sensibilidad a la temperatura, a la aridez y determinadas especies costeras por la destrucción de sus hábitats por la elevación del nivel del mar.
- Aves acuáticas de zonas costeras: muy vulnerables por su elevada sensibilidad a la destrucción de sus hábitats por la elevación del nivel del mar.
- Manglares y otros humedales costeros: muy vulnerables por su sensibilidad a la elevación del nivel del mar y a eventos climáticos costeros (surgencias, huracanes). Su tala y destrucción eleva la vulnerabilidad de todos los sistemas costeros.

Impactos

Trabajos realizados en la Isla de la Juventud reportan algunas afectaciones a su diversidad biológica en general y en particular a sus ecosistemas de bosques de mangle:

- Afectaciones severas en importantes playas de anidación que influyen en la nidificación y en el comportamiento reproductivo de las tres especies principales que anidan en la Isla: la tortuga verde, la caguama y el carey. Esta situación debe incrementase con el cambio climático, como consecuencia del aumento del nivel medio del mar y de la intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos (Planos et al., 2013).
- Disminución de la población de quelonios machos, como consecuencia del aumento de la temperatura media del aire. Esta situación debe incrementarse con el cambio climático, y llegar a provocar la extensión de estas especies.

Aparición de especies exóticas invasoras, consecuencia de las transformaciones del paisaje ocurridas en la Isla. Un ejemplo es lo ocurrido a causa del desarrollo arrocero al norte de la Ciénaga de Lanier, que produjo la eliminación de especies como el hicaco, fuente de alimentos para las palomas silvestres que allí habitaban, desplazadas por grandes bandadas de aves como totíes, pájaro vaquero y gallinuela, que encuentran en el arroz su fuente alimentaria (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Para adaptarse a clima del futuro, es importante entender que no puede ser el empeño de mantener a toda costa el modo de vida y de producción del presente; sino que se trata de mantener, con el apoyo de la ciencia y la técnica, lo que sea física y económicamente posible; y de construir, desde el presente, un modelo apropiado a las condiciones climáticas del futuro (Planos, 2017).

La propuesta de medidas de adaptación que a continuación se exponen, pueden considerarse, en la mayoría de los casos, como líneas de acción que deben ser analizadas más detalladamente en valoraciones ulteriores. Adicionalmente, las medidas de adaptación contenidas en la SCN también son, en su mayoría, aplicables en los planes de desarrollo de la Isla de la Juventud.

Sectores socioeconómicos

Sector Hidráulico

El impacto del cambio climático en los recursos hídricos de la Isla de la Juventud no debe afectar el volumen total de disponibilidad de agua. En algunos escenarios se producirá una disminución de la cuantía del recurso, pero sin llegar a comprometer la relación demanda-entrega a escala anual. La principal afectación será consecuencia de cambios que se producirán en la distribución interanual del escurrimiento, con disminuciones significativas en los meses del período lluvioso y por la manera como los cuerpos de agua y su manejo interactúen con las variables que determinan las demandas, sobre todo de los ecosistemas naturales. El desarrollo hidráulico alcanzado por este territorio, es la principal garantía para enfrentar con éxito los efectos negativos del cambio climático sobre los recursos.

Medidas:

1. Ajustar la relación mensual demanda-entrega, considerando los cambios en la distribución interanual del escurrimiento.

Para esto se requiere reevaluar la hidroeconomía de las obras hidráulicas y estudiar el impacto que el incremento de la evapotranspiración y la evaporación desde la superficie libre del agua tendrá en la disponibilidad de agua almacenada y en la relación demanda-entrega.

Sector Agropecuario

Este sector planea un desarrollo dirigido a garantizar el autoabastecimiento de la Isla de la Juventud y, en menor escala, como fuente de ingresos por exportación a

la isla mayor y al extranjero. En general es un desarrollo de pequeña escala, pero suficiente para las necesidades del territorio. Las principales afectaciones que enfrentará este sector serán consecuencia del aumento de la temperatura del aire, la reducción de la oscilación térmica, el aumento de la evapotranspiración, el incremento de la radiación y los cambios en el régimen de precipitaciones.

Medidas:

- 1. En la planificación de los cultivos debe tenerse en cuenta que el incremento de la temperatura superficial del aire, de la temperatura mínima y la disminución en el rango diurno de temperatura, afectan los procesos biológicos de las plantas; produciendo cambios fenológicos, retrasos en la floración y en la cosecha, y disminución del rendimiento. Por tanto, debe estudiarse y adecuarse debidamente el calendario de cada cultivo proyectado.
- 2. Teniendo en cuenta que el aumento de la temperatura del aire, en combinación con el de la radiación solar, producirá un incremento en las tasas de evapotranspiración, es conveniente evaluar el impacto que esto puede tener en el desarrollo de los cultivos y en las normas de riego, por el efecto que esto tendrá en el balance hídrico del suelo y la demanda de los cultivos.
- Fortalecer los sistemas de vigilancia sanitaria, en prevención de las plagas y enfermedades que pueden incrementarse como consecuencia de los cambios en la temperatura, afectando tanto a los cultivos como a la ganadería.

Sector Energético

Medidas:

- 1. Aprovechar el incremento de las potencialidades de la radiación solar, consecuencia de la disminución de la cobertura nubosa.
- 2. Evaluar la factibilidad de ampliar los parques eólicos, teniendo en cuenta el incremento de la fuerza del viento.

Sector Turístico

El propósito es un desarrollo del turismo, dirigido a diversificar las opciones vinculadas al turismo de naturaleza, aprovechando el potencial existente.

Medidas:

- 1. Reducir el impacto del aumento de las temperaturas sofocantes y de las noches cálidas, aumentando las áreas verdes y de sombra natural; y desarrollando una arquitectura que favorezca las áreas frescas.
- 2. Incrementar en las instalaciones turísticas el uso de fuentes renovables de energía, para hacer frente al incremento del consumo eléctrico por el uso de equipos de refrigeración.
- 3. Incrementar en las instalaciones turísticas el uso de agua reciclada, para contrarrestar el incremento del uso del agua, resultante del exceso de temperaturas.

- 4. Fortalecer la atención médica en las instalaciones turística, en lo relacionado con el impacto de la temperatura y la radiación solar sobre los turistas.
- 5. Crear un sistema de información meteorológica en las instalaciones turística que sirva de alerta al turista sobre las condiciones de las variables relacionadas con la salud.
- 6. Fortalecer en las instalaciones turísticas el sistema de protección civil para la prevención de desastres de origen hidrometeorológico.

Sector de Salud Pública

El futuro de la Isla de la Juventud plantea una población muy vulnerable, previéndose que para el 2035, el 30% de la población sea de adultos mayores y el 17% de menores de 16 años. Lo que obliga al fortalecimiento de la atención a los habitantes más propensos al efecto de las temperaturas y la radiación solar.

Medidas:

- Fortalecer el sistema de atención a la población infantil y al adulto mayor, en prevención de afectaciones, que pudieran ser numerosas en determinadas épocas del año, como consecuencia del efecto prolongado de temperaturas excesivas y noches cálidas.
- 2. Establecer un ambiente higiénico sanitario satisfactorio, para erradicar las vulnerabilidades y evitar la proliferación de vectores.
- 3. Garantizar la higiene de los alimentos (producción, almacenamiento, elaboración, conservación, distribución y expendio), en todas las instalaciones de la Isla dedicadas a estos servicios.
- 4. Garantizar el agua potable en cantidad y calidad así como cumplir con las normas sanitarias establecidas para los residuales.
- 5. Fortalecer el sistema de vigilancia, control y erradicación de vectores.
- 6. Incrementar los planes de sensibilización de la población ante los problemas de salud, con todas las formas establecidas de comunicación y desarrollo de capacidades.

Diversidad biológica

El Gobierno de la Isla ha adoptado un grupo de acuerdos relacionados con la protección del medio ambiente. Se trata de inversiones y decisiones que favorecen la protección de la diversidad biológica y los ecosistemas naturales. Entre ellas se destacan: reforestación, rehabilitación de áreas donde hubo minería, tratamiento de residuales, elevación de altura de chimeneas, uso de la tierra según capacidad agroecológica de los suelos y fomentar adecuadamente las áreas verdes urbanas. Al mismo tiempo, ha propuesto la designación de cuatro nuevas áreas protegidas, basado en su grado de conservación y los servicios ambientales que prestan (Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud, 2012).

Medidas:

- Devolver las condiciones físicas de la costa de manglar, que permitan la rehabilitación natural y artificial de manglares, pastos y arrecifes coralinos y su funcionalidad ecosistémica.
- Elaborar y controlar planes de manejo sostenible de los principales recursos pesqueros y orientar su explotación según compatibilización de intereses de sectores agrícola, hídrico, turístico, de transporte y alimenticio.
- Estudiar y ofrecer alternativas para la pesca de subsistencia en las comunidades costeras.
- Fortalecer las áreas protegidas, incorporando en los planes de manejo acciones concretas que permitan identificar los riesgos, asociados al impacto de las altas temperatura, el aumento de la radiación solar y las alteraciones en el régimen hidrológico, para proteger las especies más vulnerables.
- Promover la conservación y/o su recuperación (con especies nativas) de los humedales costeros, en primer lugar, los manglares, como las defensas naturales de la costa.
- Incluir los posibles impactos del cambio climático sobre la diversidad biológica en los planes de manejo de las áreas protegidas y en las futuras evaluaciones de impacto para las nuevas inversiones.

DONDE CENTRAR LA ATENCIÓN

- 1. Los principales impactos esperados como consecuencia del cambio climático en la Isla de la Juventud estarán relacionados con el aumento de la temperatura media del aire, en particular de la temperatura mínima y la disminución de la oscilación térmica; la disminución de la cobertura nubosa y el aumento de la radiación solar; las variaciones en el régimen de precipitación y el incremento del impacto de los fenómenos hidrometeorológicos peligrosos asociados al incremento del nivel medio del mar.
- 2. El impacto del cambio climático en los recursos hídricos de la Isla de la Juventud no debe afectar el volumen total agua disponible. En algunos escenarios se producirá una disminución de la cuantía del recurso, pero sin llegar a comprometer la relación demanda-entrega a escala anual. La principal afectación será consecuencia de cambios que se producirán en la distribución interanual del escurrimiento, con disminuciones significativas en los meses del período lluvioso.
- 3. El sector agropecuario en la Isla de la Juventud es de pequeña escala, para satisfacer las necesidades del territorio. Las principales afectaciones que enfrentará el sector serán consecuencia del aumento de la temperatura del aire, la reducción de la oscilación térmica, el aumento de la evapotranspiración, el incremento de la radiación, los cambios en el régimen de precipitaciones y la disponibilidad de agua en los meses de verano.

- 4. Las proyecciones de cambio climático favorecen la utilización de las fuentes renovables de energía, particularmente la fotovoltaica, debido al aumento de la radiación solar, como consecuencia de la reducción de la cobertura nubosa. También serán favorables las condiciones para incrementar la capacidad de generación de electricidad por fuente eólica.
- 5. El sector turístico en la Isla de la Juventud tiene elevada relevancia, los principales impactos del cambio climático sobre el sector serán consecuencia del aumento del nivel medio del mar, el incremento de la temperatura, la disminución del confort térmico, la disminución de la cobertura nubosa y el aumento de la radiación solar.
- 6. La salud humana en la Isla de la Juventud es muy vulnerable al cambio climático, dado que para el 2035, el 30% de la población sea de adultos mayores y el 17% de menores de 16 años. Los principales impactos del clima futuro sobre la salud humana estarán relacionados con el incremento de los vectores trasmisores de enfermedades como el dengue y la disminución del confort térmico y el incremento significativo de la radicación solar.
- 7. La diversidad biológica en la Isla de la Juventud es muy amplia y relevante, fundamentalmente en la zona meridional. Son altamente vulnerables las poblaciones de moluscos, quelonios, reptiles, aves acuáticas y los manglares; como consecuencia del aumento de la temperatura del aire, del nivel medio del mar y del incremento del impacto de los extremos hidrometeorológicos.
- 8. Las medidas de adaptación expuestas en este resultado deben ser consideradas como líneas de acción generales a evaluar más detalladamente. De manera general la adaptación debe de atender los aspectos siguientes:
 - El sector hidráulico debe reevaluar la hidroeconomía de las obras hidráulicas para ajustar la relación mensual demanda-entrega, considerando los cambios en la distribución interanual del escurrimiento y evaluar el impacto que el incremento de la evapotranspiración y la evaporación desde la superficie libre del agua tendrá en la disponibilidad de agua almacenada y en la relación demanda-entrega.
 - Efectos nocivos en la agricultura del incremento de la temperatura, principalmente la mínima por encima de 25 °C, con impactos específicos que afectan los procesos biológicos de las plantas; produciendo cambios fenológicos, retrasos en la floración y en la cosecha; y disminución del rendimiento. También es conveniente evaluar el impacto que la disminución del agua en los meses de verano y el aumento de la evapotranspiración tendrán en el desarrollo de los cultivos y en las normas de riego, por el efecto que esto tendrá en el balance hídrico del suelo y la demanda de los cultivos.

- En el sector energético se debe aprovechar el incremento de las potencialidades de la radiación solar y evaluar la factibilidad de ampliar los parques eólicos, teniendo en cuenta el incremento de la fuerza del viento.
- El sector de turismo debe trabajar por reducir el impacto del aumento de las temperaturas sofocantes y de las noches cálidas, aumentando las áreas verde y de sombra natural; y desarrollando una arquitectura que favorezca las áreas frescas; incrementar en las instalaciones turísticas el uso de fuentes renovables de energía, para hacer frente al incremento del consumo eléctrico por el uso de equipos de refrigeración; incrementar en las instalaciones turísticas el uso de agua reciclada, fortalecer la atención médica en las instalaciones turística, en lo relacionado con el impacto de la temperatura y la radiación solar sobre los turistas; crear un sistema de información meteorológica en las instalaciones turística que sirva de alerta al turista sobre las condiciones de las variables relacionadas con la salud y fortalecer en las instalaciones turísticas el sistema de protección civil para la prevención de desastres de origen hidrometeorológico.
- El sector de la Salud Pública debe fortalecer el sistema de atención a la población infantil y al adulto mayor; tomar las medidas higiénico sanitarias para evitar la proliferación de vectores, garantizar la higiene de los alimentos; fortalecer el sistema de vigilancia, control y erradicación de vectores.
- Para la protección y conservación de la diversidad biológica y de los ecosistemas debe incrementarse la reforestación, el uso de la tierra según capacidad agroecológica de los suelos y fomentar adecuadamente las áreas verdes urbanas; fortalecer e incrementar el sistema de áreas protegidas; devolver las condiciones físicas de la costa de manglar y promover la conservación y/o su recuperación (con especies nativas) de los humedales costeros, en primer lugar los manglares, como las defensas naturales de la costa

REFERENCIAS

- 1. Budyko, M. J. (1974). Climate and life. Academic Press. N.Y., 508 pp.
- 2. Commonwealth Science Council. (1985). Proceedings of the Regional Workshop on Water Resources of Small Islands, Suva, Fiji, Technical Publication No. 154,3 parts.
- 3. Delegación Municipal del CITMA. (2010). Informe de Peligro, vulnerabilidad y riesgo.
- 4. Duarte, C., J. Herrera, T. López, F. González y E. Zamora (2016). Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba. Nota Técnica. Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 5, No. 4 (octubre-noviembre-diciembre), p. 46-51
- 5. Falkland y J. Brunel. (1989). Regional hydrology and water resources problems of humid tropical islands. International Colloquium on the development of hydrologic and water management strategies in the humid tropics. UNESCO. International Hydrological Programme. pp 38
- Fonseca, C (editora). 2017. Evaluación de los impactos de la variabilidad y el cambio climatico. Estudio de caso: Isla de la Juventud. Proyecto científico del Instituto de Meteorología.
- 7. Gobierno Municipio Especial Isla de la Juventud. (2012). Plan de desarrollo integral, 2012-2020. Sistema de Planificación Física.
- 8. Hernández, D., y A. Achkienazi. (2011). Impacto del cambio climático sobre el cultivo del tabaco en la zona de Pinar del Río, Cuba.
- 9. Instituto de Meteorología. (2001). Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 169 pp.
- 10.Instituto de Meteorología y Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (2012): Atlas Climático. La Habana, Cuba, (en prensa).
- 11.IPCC (2007): Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. edit. J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J. J. Epheraums. Cambridge University Press, Cambridge.
- 12.IPCC (2013). "Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- 13.IPCC (2014). Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: 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, págs. 127-141.
- 14. Isaza, C y A.M. Cornejo. (2014). Cambio climático y su impacto en el cultivo del café. Norad. ISBN 9789070526320. www.creativecommons.org

- 15. Jones RG., Noguer M, Hassel D, Hudson D, Wilson S, Jenkins G, Mitchell J (2004): Generating high resolution climate change scenarios using HadRM3P. Met Office Hadley Centre Report, 40 pp.
- 16.Laino, L., (2009). Cambio climático y las fuentes alternativas de energía en Cuba. Población y Desarrollo. No 38, Diciembre 2009, 11 pp.
- 17. Luque-Gila, A., y J. Ruiz (2014). Algunas afecciones del cambio climático en áreas turísticas insulares. Cuba como caso de estudio. Cuadernos de Turismo, nº 34, pp. 139-164. ISSN: 1139-7861. Universidad de Murcia.
- 18.MINAG. (2011). Impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Estudio de caso integrado del Sur de la Habana. Informe al Ministro.
- 19. Miranda, C., (2017). Distribución potencial de pinares en el occidente de Cuba ante diferentes escenarios de cambio climático. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar de Río. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuaria. 138 pp.
- 20. Montaner M. A. y Sánchez-Almohalla (1988) Aproximación, por el método de Thornthwaite, al cálculo de infiltración de Iluvia útil. Papeles de Geografía, No.14., 1988. pp 223-235.
- 21.Moreno, A. y B. Amelung (2009) Climate Change and Tourist Comfort on Europe's Beaches in Summer: A Reassessment», Coastal Management, 37: 6, pp. 550-568.
- 22. Palenzuela, E. y N. Bidzinashvili. 1979. Regionalización del territorio de Cuba basada en algunos índices agroclimáticos (inédito). Instituto de Meteorología. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, 7 pp.
- 23. Palenzuela, E., C. Menéndez, E. Pérez, y P. Fuentes, P. 1982. "Guía Climática Abreviada para los especialistas de la Agricultura", Cap. I, p. 17 68. Instituto de Meteorología. Academia de Ciencias de Cuba.
- 24. Palenzuela, E., C. Menéndez y Fuentes, P. 1983. Evaluación de los recursos climáticos de Cuba aplicada a las tareas de la agricultura. Actas de la Conferencia sobre el Clima para América Latina y el Caribe, Paipa, Colombia. OMM. No. 632, pp 447 461.
- 25.Pérez, R., A. León, V. Guevara Velazco, E. Martínez, C. Fonseca, D. Boudet, Y. Góngora, M. Soler, V. Cutié Cansino, I. González, S. Barcia, D. Hernández, L. Paz, E. Soler, R. Borrego, D. Pérez, A. Centella, A. Bezanilla, A. Vichot (2016). Variaciones y tendencias del clima en la Isla de la Juventud. Informe científico técnico del Instituto de Meteorología. 105 pp.
- 26. Pérez, R (editor). 1918. Variaciones y cambios en el clima de la Isla de la Juventud. Informe científico del Instituto de Meteorología.
- 27. Piñón, N. (2012): Indicadores de los Recursos Hídricos de Cuba: Análisis de la distribución territorial según división político administrativa. Trabajo de Diploma (en opción al título de Licenciado en Geografía), Universidad de La Habana, Cuba, 2012
- 28. Planos, E., R. Rivero y A. Guevara, Editores (2013): Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 430 pp.
- 29. Planos, E., y R. Rivero, Editores, (2014). Análisis Integrado de los Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en el Sur de Artemisa y

- Mayabeque. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba, 240 pp.
- 30. Planos, E (2017). Cambio climático y medio ambiente en Cuba: Formulación de políticas y medidas de adaptación para el bienestar humano y el funcionamiento de la sociedad. Revista Cubana de Ciencias Sociales. No 46, enero-julio 2017. ISSN 0138-6425.
- 31. Planos et al. 2018. Impactos del Cambio climático en la Isla de la Juventud y medidas de adaptación. Resultado científico técnico del Instituto de Meteorología.
- 32.Rivero, R. E.; Z. I. Rivero y R. R. Rivero (2005): Impacto Integrado del Cambio Climático sobre la Producción de Arroz en Camagüey. En: Memorias del III Encuentro Internacional de Arroz y III Congreso Nacional de Arroz. La Habana, Cuba, 6 al 10 de junio. 5 pág.
- 33.Rivero, R. E. 2008. Workbook of Climate Change Impacts Assessments in Agriculture: Basic Knowledge, Methodologies and Tools, CCCCC / INSMET / Commonwealth Secretariat, Belmopan, 148 pp.
- 34. Rivero, R. E., Z. I. Rivero y R. R. Rivero (2009): Índice de aridez hidrológica con fines de monitoreo, evaluación de impactos y adaptación al cambio climático. Memorias del Primer Congreso Internacional de Cambio Climático de la VII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, La Habana, 6 10 de Julio de 2009, 13 pp. ISBN: 978-959-304-003-7
- 35. Roque, A (2016). Escenarios climáticos de alta resolución sobre el Caribe usando el modelo PRECIS: Análisis preliminar sobre el comportamiento de dos fuentes renovables de energía en Cuba. Presentación I taller internacional de gestión de la ciencia y la tecnología para el Enfrentamiento al cambio climático. Primera Convención Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
- 36. Solano, O., R. Vázquez, A. Centella, A. Besanilla, T. Gutiérrez, O. Hernández, E. Mejías, M. Martín, M. Peñate, M. Fernández. (2012). Proyección futura de índices agroclimáticos de interés para Cuba. Informe científico técnico del Instituto de Meteorología. Programa Ramal de Ciencia y Tecnología *Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial*". 97 pp.
- 37. Thornthwaite C. W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review, Vol. 38, No. 1. (Jan., 1948), pp. 55-94.