

Evaluación del efecto del cambio climático bajo escenarios de emisiones SRES y RCP en la Demarcación Hidrográfica de Manabí - Ecuador

Ing. Jonny Fernando Rivadeneira Vera, Mg., Docente carrera de medio ambiente ESPAM MFL, Agosto 2015

RESUMEN

El calentamiento en el sistema climático ha incrementado en los últimos decenios y se prevé se intensifique con el transcurso de los años. Los efectos del cambio climático varían de una región a otra; ocasionando drásticas consecuencias sociales, económicas y ambientales. En la presente investigación se evaluó el efecto del cambio climático en la Demarcación Hidrográfica de Manabí - Ecuador, utilizando resultados de escenarios de cambio climático de los modelos CCMS3 y ECHAM5 del AR4 (Special Report on Emissions Scenarios) y CCSM4 y ECHAM6 del AR5 (Representative Concentration Pathways) para el periodo 2010 - 2039 (corto plazo) 2040 - 2069 (mediano plazo) y 2070- 2099 (largo plazo).

Mediante la aplicación del Modelo Hidrológico Agregado de Témez y el Modelo Distribuido PATRICAL, se simularon los periodos históricos de aportaciones hidrológicas en la subcuenca del río Carrizal y en la subcuenca cabecera del río Portoviejo y del río Chico.

Luego se analizó el cambio en dichas aportaciones bajo el contexto de cambio climático, utilizando las anomalías de precipitación y temperatura establecidas por los modelos. Obteniendo como resultado que las mismas disminuían bajo los escenarios de los modelos CCSM3 y CCSM4 y aumentaban en los escenarios de los modelos ECHAM5 Y ECHAM6.

También se identificó el efecto del cambio climático en el ciclo hidrológico mediante el análisis de sus variables, concluyendo que si la temperatura aumenta, también lo hace la evapotranspiración potencial; y si las precipitaciones disminuyen, la evaporación real también disminuirá; traduciéndose esto en un aumento de las necesidades hídricas de los cultivos.

INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), afirma que el calentamiento en el sistema climático es inequívoco, debido a los cambios en los últimos decenios. El cambio climático global, predice un mundo más cálido, con cambios en la precipitación y aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. Esto se traduce en graves consecuencias sociales, ambientales y económicas, con mayores repercusiones en los países en vías de desarrollado.

En América Latina, se anticipa que hasta mediados del siglo XXI los bosques tropicales de la Amazonía serían gradualmente reemplazados por sabanas y la vegetación semiárida, por vegetación de tierras áridas. Además se podrían experimentar pérdidas de diversidad biológica, con extinciones de especies, y disminuciones de la productividad agrícola y pecuaria con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria, aumentando el número de personas amenazadas por el hambre. En lo referente al agua, cambios en las pautas de precipitación y la desaparición de los glaciares afectarían notablemente la disponibilidad del recurso para el consumo humano, agrícola e hidroeléctrico (IPCC 2007).

Se espera que el calentamiento climático intensifique y acelere el ciclo hidrológico a nivel mundial. Las tendencias de sus variables y estudios de balances hídricos afirman este hecho. (Huntington 2010). Estas alteraciones generan incertidumbre en la gestión de los recursos hídricos, situación que plantea un desafío para los gestores del agua. (García-Ruiz, López-Moreno et al. 2011).

La presente investigación se realizó en la Demarcación Hidrográfica de Manabí - Ecuador, bajo un escenario limitado al no contar con la información necesaria para su ejecución debido a la carencia de esta. Así, gran parte de los datos utilizados fueron previamente generados. Además, fue preciso someter a una crítica homogenización la información disponible, debido a la discontinuidad y fiabilidad de los registros.

El objetivo general de la presente investigación es evaluar del efecto del cambio climático bajo escenarios de emisiones SRES y RCP en la

Demarcación Hidrográfica de Manabí - Ecuador. Para ello se cumplieron con los objetivos específicos detallados a continuación:

Analizar las anomalías de precipitación y temperatura obtenidas de los modelos climáticos globales CCSM (National Center for Atmospheric Research) y ECHAM (Max Planck Institute for Meteorology) del cuarto (AR4) y quinto (AR5) informe del Panel Intergubernamental sobre del Cambio Climático (IPCC), para los periodos 2010 - 2039 (corto plazo), 2040 - 2069 (mediano plazo) y 2070 - 2099 (largo plazo).

Simular las aportaciones históricas de la demarcación mediante la aplicación del Modelo Agregado de Témez y el Modelo Distribuido PATRICAL para representar el comportamiento hidrológico de las cuencas y determinar a su vez el balance hídrico, además realizar la simulación de las aportaciones futuras con la inclusión de las anomalías de precipitación y temperatura resultantes del objetivo específico anterior.

Contrastar el periodo histórico simulado con el periodo futuro simulado para definir la variación hidrológica en la demarcación bajo un escenario de cambio climático, identificando los cambios que se producen en cada variable del ciclo hidrológico haciendo énfasis en las necesidades hídricas que podrían sufrir los cultivos.

Aplicar un modelo de gestión de embalses para simular su comportamiento histórico y establecer si las demandas futuras bajo un contexto de cambio climático cumplirían los criterios de garantía, en caso de no cumplimentar las demandas proponer medidas de gestión.

DESARROLLO

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación es necesario la ejecución de diversas etapas. Estas permitirán cumplir los objetivos específicos y estos a su vez el objetivo general de la investigación.

Etapas 1: Análisis de los escenarios de cambio climático.

Etapas 2: Resultados hidrológicos para el periodo histórico.

Etapas 3: Evaluación del efecto del cambio climático en el ciclo hidrológico.

Etapas 4: Gestión de los embalses como medida de adaptación.

Etapas 1: Análisis de los escenarios de cambio climático

En esta etapa se utilizaron 2 modelos climáticos globales del cuarto (AR4) y 2 modelos del quinto informe (AR5) del IPCC.

Los modelos del cuarto informe fueron el CCSM3 y el ECHAM5, en los escenarios SRES A1B, A2 y B1, a corto (2010-2039), mediano (2040-2069) y largo plazo (2070-2099). Mientras que los modelos del quinto informe fueron el CCSM4 y ECHAM6, con los escenarios RCP2.6, RCP 4.5 y RCP8.5, a corto (2010-2039), mediano (2040-2069) y largo plazo (2070-2099).

Etapas 2: Resultados hidrológicos para el periodo histórico

En esta etapa se utilizaron dos modelos hidrológicos:

Modelo Hidrológico Agregado de Témez.

Modelo Hidrológico Distribuido PATRICAL.

Para la utilización del modelo agregado de Témez primero fue necesario calibrarlo y una vez realizado esto se procedió a la simulación.

Una vez simulado el comportamiento de las subcuencas, se realizó el análisis de las variables del ciclo hidrológico resumiendo en un esquema el balance hidrológico.

Etapas 3: Evaluación del efecto del cambio climático en el ciclo hidrológico

En esta etapa el proceso a seguir fue aplicar las anomalías de temperatura y precipitación resultantes de la primera etapa, a la simulación del Modelo de

Témez de para cada subcuenca (segunda etapa). Posterior a ello se analizó la variación de las aportaciones por efecto del cambio climático.

Este mismo análisis se efectuó a las variables del ciclo hidrológico (precipitación, evaporación real, infiltración y escorrentía superficial) y a las necesidades hídricas.

Etapa 4: Gestión de los embalses como medida de adaptación

En esta última etapa consistió en simular el comportamiento histórico del embalse La Esperanza ubicado en la subcuenca del río Carrizal e identificar si las demandas actuales cumplen las garantías mensuales, anuales y volumétricas, así como los criterios UTAH para 1, 2 y 10 años, criterios que establecen que el déficit no debe superar el 50% de la demanda anual para 1 año, el 75 % para 2 años consecutivos y el 100% de la demanda anual para 10 años consecutivos. Además se analizó lo que sucedería con las demandas si se incrementaran las necesidades hídricas producto del cambio climático.

Análisis de los escenarios de cambio climático

En el análisis de los escenarios de cambio climático, se obtuvo como resultado final las anomalías de precipitación y temperatura para el ámbito de estudio, las mismas que son extraídas de cada modelo, escenario y periodo estudiado. Además de las anomalías también se realizó el contraste de los periodos de control de los modelos analizados con el periodo observado en el área de estudio.

Las anomalías de temperatura resultantes de los escenarios RCP tienen similitud con los escenarios SRES. Ambos escenarios concuerdan en que la temperatura se incrementará gradualmente de un periodo a otro.

Las anomalías de temperatura no varían significativamente de una cuenca a otra. Los incrementos de temperatura en los escenarios RCP en los dos modelos a corto plazo son de hasta 1.5°C, a medio plazo de 1°C a 3°C y a largo plazo hasta 5°C.

Al igual que las anomalías de temperatura, las anomalías de precipitación para los escenarios RCP se presentan en dos ubicaciones diferentes por la resolución que tienen los escenarios del AR5. Estas anomalías han sido calculadas en base a la proyección futura de los modelos para cada escenario

en el periodo comprendido entre 2006 y 2100. Esta serie fue dividida en corto, mediano y largo plazo para ser contrastados con los periodos presentados en el AR4.

Las anomalías de precipitación, en los escenarios RCP al igual que en los escenarios SRES presentan incertidumbre, ya que si bien el modelo CCSM4 demuestra que la precipitación de febrero a mayo disminuye y el resto de meses se incrementa, el modelo ECHAM6 muestra un aumento generalizado (en todos los meses), existiendo menor incremento de junio a octubre.

El contraste de los datos observados con el periodo de control de los modelos, establece que el modelo que mejor representa la temperatura media del área estudiada es el ECHAM5 con un 89% de correlación, seguido del CCSM4 con un coeficiente de correlación muy bajo 29%.

Resultados hidrológicos para el periodo histórico

En este apartado se detallan los resultados de las simulaciones hidrológicas realizadas, así como la presentación de los datos utilizados para dicha simulaciones.

Análisis de datos históricos

Los registros históricos de temperatura no han sido muy frecuentes en el ámbito de estudio, exceptuado ocho estaciones que tienen un registro histórico de más de 30 años, el resto no han recopilado datos por más de 20 años ya sea por la fecha de puesta en marcha o por la paralización de estas.

Los registros históricos de precipitación, son más abundantes que los registros de temperatura, ya que existen un mayor número de estaciones pluviométricas, las mismas que se encuentran distribuidas por todo el ámbito de estudio lo que hace que este tipo de información sea ideal para realizar las simulaciones con los modelos hidrológicos planteados. Al contar con un número de estaciones significativas, no se presenta un cronograma de la recolección histórica de datos pluviométricos, sin embargo se presenta el número de años que registró cada estación, resaltando que aproximadamente el 30% de los registros son mayores a 30 años, un 15% entre 30 y 20 años y el 55% restante menores a 20 años.

Posterior a la calibración se contrastaron los datos observados con los simulados en el modelo. El contraste de los datos de la subcuenca del río Carrizal a refleja a simple vista que la simulación realizada es muy similar a la observada. Basándose en los resultados indicativos del error se puede calificar (Calificación según Moriasi, et al., 2007) dicha simulación como muy buena En el contraste de la subcuenca del río Chico, se aprecia que la simulación también se adapta al periodo observado, en este caso se califica la simulación como satisfactoria.

El balance en el ciclo hidrológico es otro de los resultados obtenidos a partir de la simulación con el Modelo Agregado de Témez, El balance hídrico muestra como se distribuye la precipitación en el suelo, además estos balances reflejan que en la subcuenca cabecera del río Portoviejo y en la subcuenca del río Carrizal, la escorrentía superficial es mayor que la infiltración, todo lo contrario sucede en la subcuenca del río Chico, donde la infiltración es mayor que la escorrentía. Esto se debe a los valores de infiltración máxima con los que fue calibrado el Modelo Hidrológico Agregado de Témez.

Evaluación del efecto del cambio climático en el ciclo hidrológico

Para la evaluación del efecto de cambio climático se introdujeron las anomalías de precipitación y temperatura en las simulaciones realizada con el Modelo de Témez, teniendo como resultado una nueva simulación por cada escenario y periodo para cada modelo.

Efecto en las aportaciones

Las aportaciones en la subcuenca del río Carrizal en los escenarios SRES, con el modelo CCSM3 disminuyen gradualmente a corto, medio y largo plazo en todos los escenarios, teniendo un pequeño incremento en cada periodo pero ninguno significativo que resaltar; con el modelo ECHAM5 ocurre lo opuesto, las aportaciones aumentan gradualmente en el escenario A1B; en el B1 también se incrementan, sin embargo en el último periodo se observa un descenso de estas, pero se mantienen por encima de las aportación media; en el escenario A2 a inicios de siglo se presenta un aumento en la aportación disminuyendo un poco a medio plazo, en tanto a finales de siglo se aprecia un

aumento considerable en este escenario.

Las aportaciones en la subcuenca cabecera del río Portoviejo, presentadas en el modelo CCSM3 y CCM4, tienden a disminuir en todos los escenarios y periodos planteados. Una situación opuesta reflejan los modelos ECHAM5 y ECHAM6 (incremento de las aportaciones), excepto en el periodo 2070 - 2099 (escenario A1B - ECHAM5) ya que las aportaciones se mantienen.

Gestión de los embalses como medida de adaptación

Simulación del comportamiento del embalse

Los resultados de las garantías reflejan que el embalse para la demanda actual es sostenible y cumple todas las garantías y criterios, sin embargo si se aplica la demanda teórica bajo el criterio UTAH solo se cumplirían las garantías de la demanda urbana en un año, ya que en dos presentaría déficit y por ende la agrícola no cumpliría ninguno de los criterios. Para evitar aquello se recomienda una curva de reserva de 110 hm³ en el embalse que permitirá cumplir las demandas urbanas teóricas en su totalidad en épocas críticas.

Simulación del comportamiento del embalse futuro

Una vez simuladas las demandas actuales, se planteó la simulación futura, incrementando la demanda agrícola con el porcentaje de cambio de las necesidades hídricas, esto se realizó en los dos modelos del AR5, con el escenario RCP4.5, a corto plazo (2010-2039). Sabiendo que la demanda agrícola actual son 150 hm³/año y la teórica 240 hm³/año, se le incrementaron a cada una el 16% del aumento de las necesidades hídricas en el modelo CCSM4 y el 11% del incremento de las necesidades hídricas en el modelo ECHAM6 en el escenario y plazo anteriormente mencionado.

Después de haber simulado el comportamiento del embalse futuro, los criterios de garantías indican que si mantenemos la demanda actual cumpliremos la garantías de la demanda urbana, sin embargo tendremos un mayor déficit en la demanda urbana con los resultados del modelo CCSM4, disminuyendo por ende la garantía anual respecto al modelo ECHAM6. Con lo que respecta a la demanda agrícola actual con incremento por efecto del cambio climático no se cumplirían los criterios de garantía, lo que conlleva a

una revaluación de la demanda, para evitar el incremento de déficit.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El objetivo general de la presente investigación, es evaluar el efecto del cambio climático bajo escenarios de emisiones SRES y RCP en la Demarcación Hidrográfica de Manabí. Para alcanzar el mismo se desarrollaron cuatro etapas metodológicas de las que se obtuvieron resultados que permiten establecer las siguientes conclusiones:

Los modelos que mejor correlación presentan con el periodo observado de precipitación media, son el ECHAM5 y ECHAM6. El modelo que mejor representa la temperatura media del área de estudio es el ECHAM5 con un 89% de correlación, seguido del CCSM4 con un coeficiente muy bajo 29%. El escenario más favorable es el SRES B1, seguido del SRES A1B y el escenario menos optimista SRES A2; incrementando la temperatura uno más que otro.

Las anomalías de la precipitación y temperatura son iguales para las dos cuencas (cuenca del río Chone y cuenca del río Portoviejo) debido a la resolución de los modelos. Las anomalías de precipitación son distintas para cada modelo, mientras que el modelo CCSM3 refleja una disminución de la precipitación, el modelo ECHAM5 indica lo contrario. Las anomalías de temperatura resultantes de los escenarios RCP tienen similitud con los escenarios SRES. Ambos escenarios concuerdan en que la temperatura se incrementará gradualmente de un periodo a otro. Las anomalías de precipitación, en los escenarios RCP al igual que en los escenarios SRES presentan incertidumbre, ya que si bien el modelo CCSM4 demuestra que la precipitación de febrero a mayo disminuye y el resto de meses se incrementa.

La aportación media anual de la subcuenca del río Carrizal es de 376 hm³, mientras que para la subcuenca del río Chico es 104 hm³. Por su parte la aportación media anual de la subcuenca cabecera del río Portoviejo es 227 hm³. Los balances hídricos reflejan que en la subcuenca cabecera del río Portoviejo y en la subcuenca del río Carrizal, la escorrentía superficial es mayor que la infiltración, todo lo contrario sucede en la subcuenca del río Chico, donde la infiltración es mayor que la escorrentía.

El contraste entre la serie de aportaciones obtenidas del modelo PATRICAL sin

previa calibración y las series simuladas en el Modelo Agregado de Témex, reflejó resultados favorables. En general, las aportaciones en la subcuenca del río Carrizal en los escenarios SRES, con el modelo CCSM3 disminuyen gradualmente a corto, mediano y largo plazo, mientras que en el modelo ECHAM5 ocurre lo opuesto. Las aportaciones en la subcuenca del río Carrizal en los escenarios RCP, el modelo CCSM4 muestra una disminución en las aportaciones siendo estas menores al 12% variando su intensidad de un escenario a otro. El modelo ECHAM6 refleja un aumento de las aportaciones no mayores al 11%. Las aportaciones para la subcuenca del río Chico, con los modelos CCSM3 y el CCSM4 tienden a reducirse sin un patrón definido. Para los modelos ECHAM5 y ECHAM6 las aportaciones se incrementarán, excepto en el periodo 2040-2069 en el escenario A2 (ECHAM5), donde se presenta una disminución. El incremento de las aportaciones en la subcuenca del río Chico, son más representativas en el modelo ECHAM6 que en el ECHAM5. Las aportaciones en la subcuenca cabecera del río Portoviejo, presentadas en el modelo CCSM3 y CCM4, tienden a disminuir en todos los escenarios y periodos planteados. Una situación opuesta refleja los modelos ECHAM5 y ECHAM6 (incremento de las aportaciones).

Mediante la simulación de gestión de los embalses, se estableció el comportamiento de los niveles del embalse “La Esperanza” ubicado en la subcuenca del río Carrizal y se identificaron los criterios de garantía para la demanda actual y la demanda teórica, siendo esta última no favorable para el cumplimiento de las garantías.

La simulación de los embalses bajo el contexto de cambio climático (CCSM4 y ECHAM6), indica que si la demanda real del embalse se mantiene, probablemente no se cumplan las garantías debido al aumento de las necesidades hídricas, por ende la demanda más afectada sería la agrícola aumentando el déficit en estas periódicamente, debido a la prioridad de satisfacción que posee respecto a la urbana.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. S., A. y Quintas, L., (2005). "SIMPA, a GRASS based tool for Hydrological Studies." International journal of geoinformatics 1(1): 13-20.
- Boyer, C., D. Chaumont, I. Chartier and A. G. Roy (2010). "Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries." Journal of hydrology 384(1): 65-83.
- Dibike, Y. B. and P. Coulibaly (2005). "Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models." Journal of hydrology 307(1): 145-163.
- Estrela, T. (1992b). Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos, CEDEX.
- Forbes, K., S. Kienzle, C. Coburn, J. Byrne and J. Rasmussen (2011). "Modelling the impacts of selected GCM derived climate scenarios on the future hydrology of a hybrid watershed in the Oldman River watershed, Alberta, Canada." Climatic Change.
- Huntington, T. G. (2010). "1 Climate Warming-Induced Intensification of the Hydrologic Cycle: An Assessment of the Published Record and Potential Impacts on Agriculture." Advances in agronomy 109: 1.
- IPCC (2000). Special report on emissions scenarios, working group III, Intergovernmental Panel on Climate Change., Cambridge University Press.
- IPCC (2007). "The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Geneva, Switzerland.
- 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.
- MAE and PNUD (2009). "Proyecto Adaptación al Cambio Climático a través de una Efectiva Gobernabilidad del Agua en el Ecuador (PACC)."
- Mosquera-Machado, S. and S. Ahmad (2007). "Flood hazard assessment of Atrato River in Colombia." Water resources management 21(3): 591-609.
- Perez Martin, M. A. (2005). Hydrologic and quality distributed model integrated in geographic information system of large watershed hydrology. Contribution to the pressure and impact analyses of Water Framework Directive WFD, ProQuest.
- Ruiz, J. M. (1999). Modelo distribuido para la evaluación de recursos hídricos, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Centro de Estudios Hidrográficos.
- Témez, J. (1977). Modelo Matemático de transformación "precipitación- escorrentía", Asociación de Investigación Industrial Eléctrica. ASINEL. Madrid: 39.