

SEQUÍA AGRÍCOLA, CAMBIO CLIMÁTICO Y MITIGACIÓN EN CANDARAVE, TACNA

AGRICULTURAL DROUGHT, CLIMATE CHANGE AND MITIGATION IN CANDARAVE, TACNA

CABRERA C., J. W.

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza estadísticamente la ocurrencia de sequías agrícolas en el poblado de Candarave en los últimos cincuenta años y se analiza los efectos del cambio climático en su ocurrencia para el período 2010-2099, en base a variaciones proyectadas en temperatura y precipitación publicadas por el IPCC.

Primero, se utilizó el modelo conceptual precipitación-escorrentía abcd (Salas, 2003) para calibrar series de caudales para el período 1961-2009; el modelo calibrado se aplicó a series de precipitación y temperatura proyectadas estimadas en base a las proyecciones del IPCC para el período 2010-2099 con la finalidad de estimar una serie de caudales proyectados. Finalmente, los caudales y precipitación proyectados se compararon con la demanda agrícola estimada previamente y se analizó la posible ocurrencia de sequías para el período en estudio. Complementariamente, se analizaron los efectos del mejoramiento de la eficiencia del sistema de riego como medida de mitigación frente a los efectos del cambio climático.

El análisis se realizó con base en los cambios proyectados por el modelo Hadcm3 que presenta el escenario más crítico, con incrementos mayores de temperatura y mayores reducciones en precipitación, y para el escenario de emisión A1FI. Los resultados sugieren un fuerte incremento en magnitud y ocurrencia de sequías para los siguientes noventa años, cuyos efectos pueden ser mitigados mejorando la eficiencia del sistema de riego.

Palabras claves: AOGCM; cambio climático; disponibilidad hídrica; sequías.

ABSTRACT

This document shows a statistical analysis of agricultural drought occurrence in the village of Candarave and possible effects of climate change on their occurrence based on existing data and projected changes in temperature and precipitation until 2099. First, the abcd rainfall-runoff model (Salas, 2003) was used to calibrate discharges in the period 1961-2009. Projected variations in temperature and precipitation from the IPCC were used to estimate projected time series of precipitation and temperature. The calibrated model was applied to the projected time series to obtain projected discharges from 2010 until 2099. Finally, projected discharges and precipitation are compared with the previously estimated agricultural demand to analyze the occurrence of drought in 2010-2099. Mitigation effects such as improved irrigation efficiency were also analyzed. This analysis was made using projected changes by the Hadcm3 model because it suggests the most critical scenario, with stronger increments in temperature and higher reductions in precipitation, and considering the A1FI emission scenario. Results suggest a strong increase in magnitude and occurrence of drought in the next 90 years which could be mitigated by improving the efficiency of the irrigation system.

Keywords: AOGCM; climate change; water availability; drought.

Introducción

La falta de información hidrológica es una característica de la mayoría de países en Latinoamérica, y es especialmente notoria en el Perú, país que cuenta con una topografía muy variada y con zonas de difícil acceso.

Esta deficiencia limita las posibilidades de estudio y análisis de diferentes eventos hidrológicos, incluyendo los efectos del cambio climático.

En este documento se propone el uso de las variaciones pronosticadas por modelos acoplados (AOGCM) solamente como variaciones porcentuales, las cuales se

aplicarán a datos hidrológicos regionales para la estimación de los efectos del cambio climático desde el año 2010 hasta el año 2099. Sus objetivos son evaluar los efectos del cambio climático en la ocurrencia de sequías agrícolas para los próximos noventa años, caracterizar las posibles sequías agrícolas que se presentarán en dicho período y evaluar los efectos de mitigación que pueden suscitar la mejora de la eficiencia de riego. Los resultados son proyecciones hipotéticas para futuros escenarios propuestos por los modelos globales y deben ser asumidos como tales.

La metodología propuesta se aplicó a la cuenca del río Callazas, zona muy propensa a sequías en el sur del Perú. Se tomaron en cuenta los pronósticos del modelo Hadcm3, el cuál presenta el escenario más crítico, el escenario de emisión A1FI (desarrollo económico con uso intensivo de combustibles fósiles) de acuerdo a Ruostenoja *et al.* (2003) y dos escenarios de eficiencia de riego para analizar los efectos de mitigación por cambio en el sistema de riego.

Materiales y métodos

Para el estudio de cuenca se requieren datos de precipitación acumulada mensual, descargas medias mensuales y temperatura media mensual para el período de 1961 a 2009. Asimismo, se requiere la demanda agrícola de la zona en estudio, incluyendo la eficiencia de riego. Con esta data se construye la serie de “disponibilidad hídrica”, entendiéndose por disponibilidad hídrica al volumen de agua total que reciben las plantas (precipitación más irrigación).

Para establecer los pronósticos del cambio climático se requiere las variaciones porcentuales mensuales proyectadas por el modelo asumido (Hadcm3) para precipitaciones, y las variaciones absolutas de temperatura para el período 2010-2099. Estas variaciones proyectadas están referidas al período 1961-1990 y están disponibles en www.ipcc.ch y en Ruostenoja *et al.* (2003).

Metodología

El método parte de la aplicación y calibración de un modelo precipitación escorrentía a la data hidro-meteorológica; es decir, considera precipitación y temperatura como datos de ingreso para la estimación de caudales. La inclusión de la temperatura en el modelo tiene el propósito de capturar los posibles efectos del cambio climático.

Luego, las variaciones proyectadas de precipitación y temperatura se aplican sobre el período de datos de referencia (1961-1990) y se obtienen series de datos proyectados del período 2010-2099 de la siguiente manera:

$$P'_i = (1 + \Delta P)P_i \quad [1]$$

$$T'_i = T_i + \Delta T \quad [2]$$

donde:

ΔP = cambios proyectados de precipitación (%) para el intervalo “n”.

P_i = precipitación medida en el mes “i” (en el periodo 1961-1990).

P'_i = precipitación proyectada en el mes “i” (mm).

ΔT = cambios proyectados de temperatura (°C) para el intervalo “n”.

T_i = temperatura medida en el mes “i” (en el periodo 1961-1990).

T'_i = temperatura proyectada en el mes “i” (°C).

n = periodo en análisis (2010-2039, 2040-2069 o 2070-2099).

El modelo precipitación-escorrentía previamente calibrado es aplicado a la data proyectada, obteniéndose una serie proyectada de descargas y, consecuentemente, una serie proyectada de disponibilidad hídrica.

Debido a que la demanda agrícola es conocida, se puede evaluar la ocurrencia de sequías y sus características bajo un punto de vista estadístico.

El procedimiento se repite para diferentes escenarios de demanda agrícola, con la finalidad de evaluar los efectos de mitigación de un cambio en el sistema de riego.

La metodología planteada se aplicó al distrito de riego de Candarave, ubicado en el sur del Perú y se consideraron dos escenarios de eficiencia: R75 (la eficiencia de riego actual) e I75 (un escenario de eficiencia mejorada). Las características de ambos escenarios de eficiencia se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1
ESCENARIOS DE EFICIENCIA CONSIDERADOS
PARA ESTE ESTUDIO

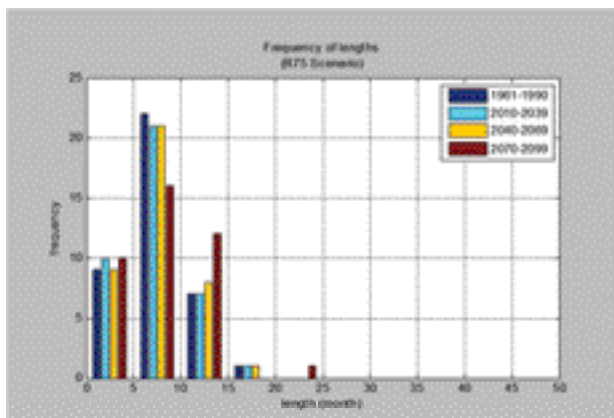
ESCENARIO	PORCENTAJE DE ÁREA IRRIGADA [%]	EFICIENCIA DE RIEGO
R75 (actual)	75	
Eficiencia de canales principales		0.95
Eficiencia de distribución		0.85
Eficiencia del sistema de riego		0.35
Eficiencia R75		0.28
I75	75	
Eficiencia de canales principales		0.95
Eficiencia de distribución		0.95
Eficiencia del sistema de riego		0.60
Eficiencia I75		0.54

Para fines de este estudio, se utilizó el modelo precipitación-escorrentía abcd (Salas, 2003), que requiere solamente precipitaciones acumuladas mensuales y temperaturas medias mensuales como datos de ingreso. Asimismo, la data utilizada fue extraída de M.D.I. (2009).

Resultados

Análisis de longitudes:

La frecuencia en longitudes de sequía presentes en los intervalos 1961-1990, 2010-2039, 2040-2069, 2070-2099 para las condiciones de eficiencia del sistema de riego actual (0.28) es presentada en la Fig. 1-Izquierda, mientras que el lado derecho muestra la frecuencia en longitudes de sequía para una eficiencia del sistema de



riego mejorada (0.54). Los eventos fueron agrupados en intervalos de frecuencia de cinco meses.

La comparación de ambos gráficos muestra una significativa reducción en la ocurrencia de sequías de longitud mayor a 5 meses, encontrándose que la longitud de sequía más frecuente se reduce de 7.5 meses (escenario R75) a 2.5 meses (escenario I75).

La probabilidad de ocurrencia de sequías de diferente longitud para todos los períodos y escenarios en evaluación se resume en la Tabla 2.

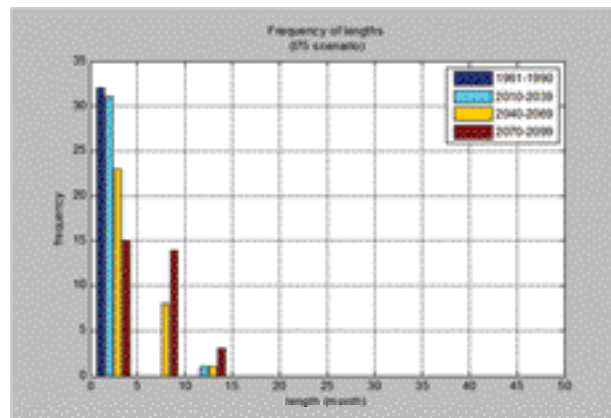


Figura 1. Frecuencia de longitudes de sequía. *Izquierda:* para condiciones de eficiencia de riego actual (0.28). *Derecha:* para condiciones de eficiencia de riego mejorada (0.54).

TABLA 2
PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE SEQUÍAS
PARA LONGITUDES MAYORES
A 3, 6, 9, 12, Y 15 MESES. ESCENARIO DE EMISIÓN A1FI

Escenario de Eficiencia	Escenario de emisión	Probabilidad	Periodo			
			1961-1990	2010-2039	2040-2069	2070-2099
R75	A1FI	P(L>3)	0.86	0.89	0.91	0.93
		P(L>6)	0.59	0.64	0.67	0.75
		P(L>9)	0.27	0.30	0.33	0.46
		P(L>12)	0.07	0.08	0.09	0.19
		P(L>15)	0.01	0.01	0.01	0.05
I75	A1FI	P(L>3)	0.39	0.33	0.50	0.77
		P(L>6)	0.12	0.03	0.13	0.45
		P(L>9)	0.02	0.00	0.01	0.16
		P(L>12)	0.00	0.00	0.00	0.03
		P(L>15)	0.00	0.00	0.00	0.00

De acuerdo a esta tabla, la probabilidad de ocurrencia de sequías con longitudes mayores a 12 meses se incrementaría de 7% a 19% en el intervalo 1961-1990 a 2070-2099 para el escenario de eficiencia R75 por efecto del cambio climático; sin embargo, el escenario de eficiencia I75 muestra que estas probabilidades pueden reducirse a 0% y 3% si la eficiencia de riego es mejorada.

Análisis demagnitudes:

Similar respuesta se observa en la magnitud de las sequías previstas: las magnitudes de sequía observadas en el período de referencia (1961-1990) solamente se volverán a presentar en el período 2070-2099 (ver Figura 2) si es que se realiza el cambio de sistema de riego.

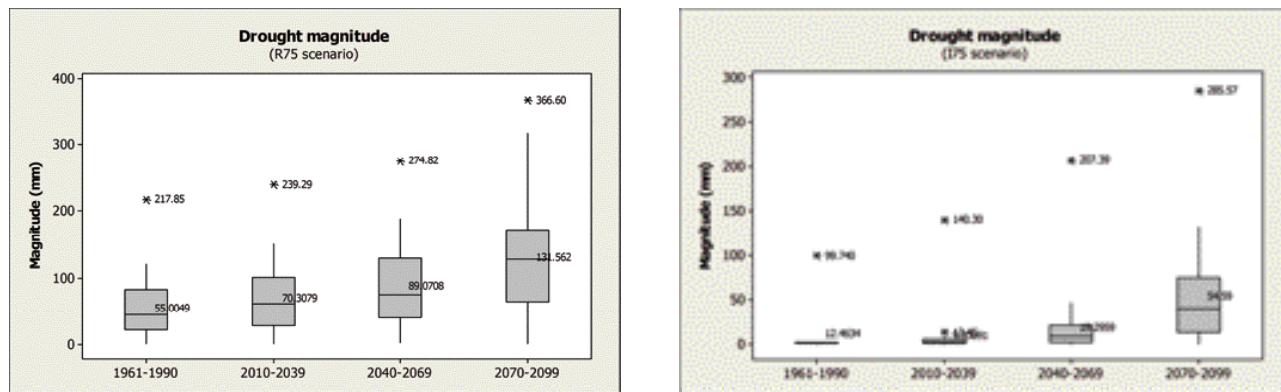


Figura 2. Magnitudes de sequía para condiciones de eficiencia de riego actual (izquierda) y eficiencia de riego mejorada (derecha).

Los valores de magnitud promedio que caracterizan a cada período de tiempo, así como los valores máximos, mínimos y la desviación estándar, son presentados en la Tabla 3. La tabla muestra como la magnitud promedio de sequías para el escenario R75 se reduce de 55mm a 12mm para el período 1961-1990 si es que la eficiencia de riego es mejorada (escenario I75); esta magnitud solamente se volverá a presentar en el período 2070-2099, mostrando que el cambio en la eficiencia de riego es una medida de mitigación efectiva y suficiente para esta región.

Análisis de intensidades

La Tabla 4 resume las características de de las sequías más comunes para cada período de tiempo en evaluación, incluyendo longitud, intensidad y frecuencia relativa. Como se observa, la intensidad de la sequía más común para el período 1961-1990 es de 7.81mm/mes (escenario R75), pero una hipotética mejora en la eficiencia de riego la reduciría a 1.55mm/mes. Asimismo se verifica que estos niveles de intensidad solo se volverán a manifestar en el intervalo 2070-2099. Estos resultados concuerdan con los observados en los análisis de magnitudes.

Tabla 3
CARACTERÍSTICAS DE LAS SERIES DE MAGNITUDES DE SEQUÍAS (EN MM) PARA CADA ESCENARIO DE EFICIENCIA DE RIEGO Y PERÍODO DE TIEMPO. ESCENARIO DE EMISIÓN A1FI.

Escenario de eficiencia	Escenario de emisión	Estadística	Magnitud [mm]			
			1961-1990	2010-2039	2040-2069	2070-2099
R75	A1FI	Media	55.00	70.31	89.07	131.56
		Máxima	217.85	239.29	274.82	366.60
		Mínimo	1.66	2.21	2.96	1.17
		Desv.Estan.	42.42	47.95	60.18	80.46
I75	A1FI	Media	12.46	9.93	19.30	54.59
		Máxima	99.74	140.30	207.39	285.57
		Mínimo	0.41	0.47	0.74	0.44
		Desv.Estan.	32.73	29.32	36.59	58.14

Tabla 4
CARACTERÍSTICAS DE LA SEQUÍA MÁS COMÚN PARA CADA ESCENARIO DE EFICIENCIA DE RIEGO, POR PERÍODOS DE TIEMPO. ESCENARIO DE EMISIÓN A1FI

Escenario de eficiencia	Escenario de emisión	Período	Característica		Frecuencia relativa
			Longitud (month)	Intensidad (mm/month)	
R75	A1FI	1961-1990	9	7.81	0.20
		2010-2039	9	9.15	0.26
		2040-2069	9	11.35	0.29
		2070-2099	9	14.13	0.32
I75	A1FI	1961-1990	1	1.55	0.89
		2010-2039	1	1.88	0.55
		2040-2069	1	4.53	0.47
		2070-2099	1	6.19	0.2
			9	9.23	0.2

Alcance del trabajo

La metodología mostrada se caracteriza por su simplicidad y bajo requerimiento de información, motivo por el cual se hace factible su aplicación a diferentes regiones del país sensibles a la ocurrencia de sequías.

La posibilidad de estimar porcentualmente la ocurrencia de sequías, así como describir las características de los eventos más comunes, permite elaborar planes de prevención y/o mitigación para los agricultores de la zona en estudio.

Debido a su dependencia respecto a las variaciones proyectadas por el IPCC, se recomienda repetir el análisis para verificar su validez cada vez que se actualicen los valores de las variaciones mencionadas. A pesar de esta dependencia,

La investigación presentada se enmarca dentro del Área Temática "Mitigación y adaptación al Cambio Climático" de la Agenda de Investigación Ambiental. Su aplicación brinda herramientas para elaborar planes de mitigación a mediano y largo plazo frente al posible incremento en la ocurrencia de sequías agrícolas como consecuencia del cambio climático.

Conclusiones

- ◆ El cambio climático puede producir un incremento en la ocurrencia de sequías, incluyendo magnitud y longitud. Estos resultados deben tomarse solamente como escenarios hipotéticos.
- ◆ Las proyecciones deben ser reajustados periódicamente incluyendo nuevas mediciones de temperaturas y precipitaciones para verificar su pertinencia.
- ◆ Estos efectos pueden ser eliminados mejorando la eficiencia del sistema de riego; esta solución es sos-

tenible a mediano plazo (cincuenta años).

- ◆ El método permite recrear posibles escenarios futuros que incluyen los efectos del cambio climático para la región en análisis.
- ◆ La metodología propuesta puede ser utilizada para elaborar planes de prevención y/o mitigación sobre zonas vulnerables.

Referencias

- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ILABAYA. (2009). *Estudio de factibilidad: construcción de defensa ribereña y encausamiento del río Ilabaya y Locumba en los sectores de Chejaya, Ilabaya y Oconchay. Informe Final*. Volume I. Tacna, Peru.
- RUOSTEENOJA K., CARTER T., JYLHÄ K. y TUOMENVIRTA H. (2003). *Future climate in world regions: an inter-comparison of model-based projections for the new IPCC emissions scenarios*. The Finnish Environment Institute. Helsinki, Finland.
- SALAS J. D. (2003). *Conceptual Model of a Watershed at Seasonal Time Scales (SEAMOD-03)*. Hydrology and Water Resources Program. EE. UU.: Dep. of Civil Engineering, Colorado State University.
- WILHITE D. A. y GLANTZ M. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10:111-12.