



PROYECCIONES DE CLIMA PARA EL PERIODO 2011-2040 EN EL ÁFRICA SUBSAHARIANA OCCIDENTAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA DE LA REGIÓN

Clemente Gallardo-Andrés¹

Universidad de Castilla-La Mancha

Enrique Sánchez²

Universidad de Castilla-La Mancha

Margarita Ruiz-Ramos³

Universidad de Castilla-La Mancha

Resumen:

Se han utilizado los resultados de 12 AOGCMs (Modelos de Clima Globales) disponibles en la base de datos "WCRP CMIP3 multi-model database" para analizar las proyecciones climáticas bajo el escenario de emisiones SRES A2 para el periodo 2011-2040. No hay muchos trabajos enfocados en este periodo, por lo que su estudio es vital para el desarrollo de estrategias a corto y medio plazo como las que requiere el tema de las migraciones. Los resultados obtenidos indican que se proyectan aumentos de temperatura de alrededor de 1°C en la región del África Subsahariana Occidental. La tendencia para la precipitación es de ligero aumento en la mayoría de las zonas. Estos dos factores implican un ligero aumento de la aridez en las zonas costeras entre Senegal y Camerún, y una disminución en las zonas más interiores. Como consecuencia las proyecciones de disminución de rendimientos agrícolas en la región son dominantes.

Palabras clave: cambio climático; agricultura; África occidental.

Title in English: "Climate projections for the period 2011-2040 over West Africa and their impact over the agriculture of the region"

Abstract:

The results of 12 AOGCMs (Atmospheric-Oceanic Global Climate Models) available at WCRP CMIP3 multimodel database have been used to analyze the climatic projections under SRES-A2 emissions scenario for the period 2011-2040. There are not many studies focused on this period, but it is essential to develop strategies on short and medium range, such as the ones needed for migration issues. The results obtained indicate temperature increases around 1 degree for the West Sub-Saharan Africa region. The trend for precipitation is towards a slight increase over most of the areas. Both factors imply a slight increase in aridity over the coastal areas from Senegal to Cameroon, and a decrease over the inland areas of the region. As a consequence of these projections a decrease in agricultural yield is dominant over the most of the region.

Keywords: Climate Change; Agriculture; West Africa.

Copyright © UNISCI, 2007.

Las opiniones expresadas en estos artículos son propias de sus autores, y no reflejan necesariamente la opinión de UNISCI. *The views expressed in these articles are those of the authors, and do not necessarily reflect the views of UNISCI.*

¹ Clemente Gallardo-Andrés es investigador y profesor de la Universidad de Castilla-La Mancha. Su principal línea de investigación es la modelización atmosférica.

Dirección: Instituto de Ciencias Ambientales, Campus Fábrica de Armas de la UCLM, Avda. Carlos III s/n, 45071 Toledo, España. *E-mail:* Clemente.Gallardo@uclm.es.

² Enrique Sánchez es investigador y profesor de la Universidad de Castilla-La Mancha. Su principal línea de investigación es la modelización atmosférica.

Dirección: Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Campus Fábrica de Armas de la UCLM, Avda. Carlos III s/n, 45071 Toledo, España. *E-mail:* E.Sanchez@uclm.es.

³ Margarita Ruiz-Ramos es contratada Juan de la Cierva, investigadora y profesora de la Universidad de Castilla-La Mancha. Su principal línea de investigación es la modelización de cultivos.

Dirección: Instituto de Ciencias Ambientales, Campus Fábrica de Armas de la UCLM, Avda. Carlos III s/n, 45071 Toledo, España. *E-mail:* Margarita.Ruiz@uclm.es.



Introducción

El clima es un factor determinante en la evolución socio-económica del continente africano y se puede decir que su relevancia es mayor que en otras regiones del planeta. Esta dependencia del clima es en parte debida al gran peso que la agricultura tiene en la economía de muchos países del continente. La capacidad de presión y desestabilización que el clima tiene en cualquier parte de la Tierra se ve incrementada en África debido a su interacción con los numerosos conflictos y disfunciones estructurales que existen en la región.

La necesidad de una adecuada proyección del clima futuro y sus impactos en las diversas actividades y procesos sociales, económicos y políticos es especialmente importante en África debido a la vulnerabilidad de este continente. Para la consecución de este objetivo los modelos atmosféricos de circulación general con océano acoplado (AOGCMs en sus siglas en inglés) son el procedimiento más adecuado. Estos modelos tienen una gran consistencia teórica y han demostrado gran capacidad para reproducir el clima actual y el pasado. Como consecuencia, los AOGCMs son la más potente y fiable herramienta para estudiar cómo se comportará el clima en el futuro.

En el presente estudio se analizan los resultados de un amplio conjunto de los AOGCMs presentes en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC⁴ para la región subsahariana occidental de África. El objetivo del trabajo es conocer como evolucionaría el clima en la región en las próximas décadas bajo algunos de los posibles escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta proyección del clima futuro se utiliza como base para analizar los previsible impactos en algunas actividades socio-económicas de la zona, prestando la principal atención a la agricultura.

1. Metodología del estudio

Los resultados que se presentan aquí son el resultado de un análisis parcial de la base de datos “WCRP CMIP3 multi-model database”⁵ Esta base de datos incluye una gran variedad de variables de la salida de los AOGCMs incluidos en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. De los 24 AOGCMs disponibles se han seleccionado 12 (ver tabla 1) pues se ha descartado el resto por no aportar los datos necesarios o por tener una resolución excesivamente baja para los objetivos de este estudio. Las variables extraídas han sido temperatura del aire junto al suelo y precipitación. Los principales datos con los que se ha trabajado pertenecen a las simulaciones conocidas como “Clima del siglo XX”, que reproduce las características climáticas del siglo XX, y “SRES A2” que da el clima bajo el escenario de emisiones del mismo nombre⁶. De la primera simulación se ha analizado el periodo 1961-1990 (periodo de referencia) y de la segunda el periodo 2011-2040. También se han hecho estudios complementarios del periodo 2041-2070 del escenario SRES A2, así como del periodo 2011-2040 del escenario SRES B1⁷. Debido a que este estudio se enmarca en el

⁴ Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.) (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, Cambridge University Press.

⁵ WCRP CMIP3 multi-model database, en <https://esg.llnl.gov:8443/index.jsp>

⁶ Nakicenovic, Nebojsa y Swart, Rob (eds.) (2000): *Special Report on Emissions Scenarios*, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, Cambridge University Press.

⁷ Ibid.



análisis de las presiones migratorias en el futuro próximo, el trabajo se ha enfocado principalmente en el periodo 2011-2040.

Nombre del modelo	País	Resolución
BCCR-BCM2.0	Noruega	2,8 × 2,8
CCSM3	EE.UU.	1,4 × 1,4
CGCM3.1(T47)	Canadá	3,75 × 3,75
CNRM-CM3	Francia	2,8 × 2,8
CSIRO-Mk3.0	Australia	1,9 × 1,9
ECHO-G	Alemania/Corea	3,75 × 3,75
GFDL-CM2.0	EE.UU.	2,5 × 2
GFDL-CM2.1	EE.UU.	2,5 × 2
IPSL-CM4	Francia	3,75 × 2,5
MIROC3.2(medres)	Japón	2,8 × 2,8
PCM	EE.UU.	2,8 × 2,8
UKMO-HadCM3	Reino Unido	3,75 × 2,5

Tabla 1. Modelos utilizados en este estudio

Los datos de temperatura y precipitación vienen dados en mallas diferentes para cada uno de los modelos utilizados, como consecuencia la primera tarea ha consistido en interpolar todos los datos a una malla común. Esta malla tiene una resolución de 3 × 3 grados en latitud-longitud geográfica, que es intermedia con respecto a las resoluciones de partida de los AOGCMs y resulta suficiente para los objetivos planteados. Una vez homogeneizada la disposición espacial de los datos de todos los modelos fue necesaria la elaboración de medias climatológicas a partir de los valores medios de los meses individuales. Posteriormente se compararon las temperaturas y precipitaciones del “clima del siglo XX” con las de los escenarios futuros. Finalmente, se analizaron conjuntamente los cambios en temperatura y precipitación mediante el índice de aridez definido implícitamente en la clasificación de climas de Köppen⁸-Trewartha⁹. Todo este estudio se centró en la región de interés, que se

⁸ Köppen, W: “Das geographische System der Klimate”, en Köppen, W. y Geiger, R. (eds.) (1936): *Handbuch der Klimatologie*, Berlin, Gebrüder Borntraeger, pp. 1-46.

⁹ Trewartha, G. T. y Horn, L. H. (1980): “Köppen's classification of climates”, en *An Introduction to climate*, 5ª ed., New York, McGraw-Hill, pp. 397-403.

encuentra aproximadamente delimitada por los paralelos 10° Sur y 33° Norte y los meridianos 20° Oeste y 30° Este.

Una vez determinada la proyección de cambio de clima para la región estudiada se analizó el impacto que sobre los cultivos básicos de las distintas zonas podrían tener estos cambios. Para ello se utilizó el conocimiento de los principales sistemas agropecuarios de la región, así como la experiencia que la modelización de cultivos nos da acerca del impacto que sobre la agricultura tienen los cambios en las variables climáticas.

2. Proyecciones climáticas

2.1. Temperatura

En toda la zona (ver figura 1) se proyectan aumentos de temperatura en el periodo 2011-2040 del escenario SRES A2 respecto al periodo de referencia (1961-1990) En las regiones más cercanas al océano (Senegal, Gambia, Guinea-Bissau, Guinea, Sierra Leona, Burkina-Fasso, Liberia, Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benín, Nigeria y Camerún) el aumento se encuentra alrededor de 1°C y es bastante constante a lo largo del año. En las regiones del interior (gran parte de Mauritania, Malí, Níger y Chad) el aumento es un poco mayor, aunque sin alcanzar los 2°C.

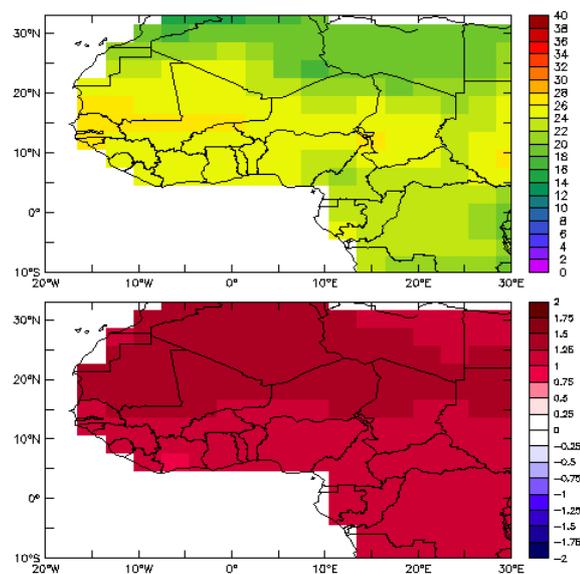


Figura 1. Temperatura climatológica media de 12 modelos en °C para el periodo de referencia 1961-1990 (arriba) Aumento de temperatura en °C proyectado en el escenario de emisiones SRES A2 para el periodo 2011-2040 (abajo)

Todos los modelos analizados dan aumentos de temperatura en todos los meses y las diferencias entre modelos no son grandes. Por tanto, la señal de aumento de la temperatura es

bastante homogénea en la región, consistente y con una incertidumbre baja dentro del marco del escenario de emisiones elegido.

2.2. Precipitación

En la figura 2 se puede observar que en la zona compuesta por Mauritania, norte de Malí, Níger y Chad los cambios en precipitación en el invierno no son significativos por ser un periodo con escasas o nulas precipitaciones. En verano y otoño hay un moderado aumento de precipitaciones en esta zona, especialmente al norte de Malí y en Níger. En la primavera las variaciones son ligeras y sin un patrón espacial marcado.

En la zona costera, de Senegal a Camerún e incluyendo Burkina-Faso y sur de Malí, en el periodo de lluvias que se centra en el verano (de mayo a septiembre) los cambios en precipitación son pequeños con tendencia a la disminución al oeste y al aumento al este. En invierno no se observa una señal clara y homogénea, mientras que en otoño existe un ligero aumento. En primavera existe un ligero aumento de la precipitación al oeste de la zona y una pequeña disminución al este. Parece, por tanto, que en la parte oriental de la región estudiada se señala un desplazamiento hacia el otoño del periodo de lluvias.

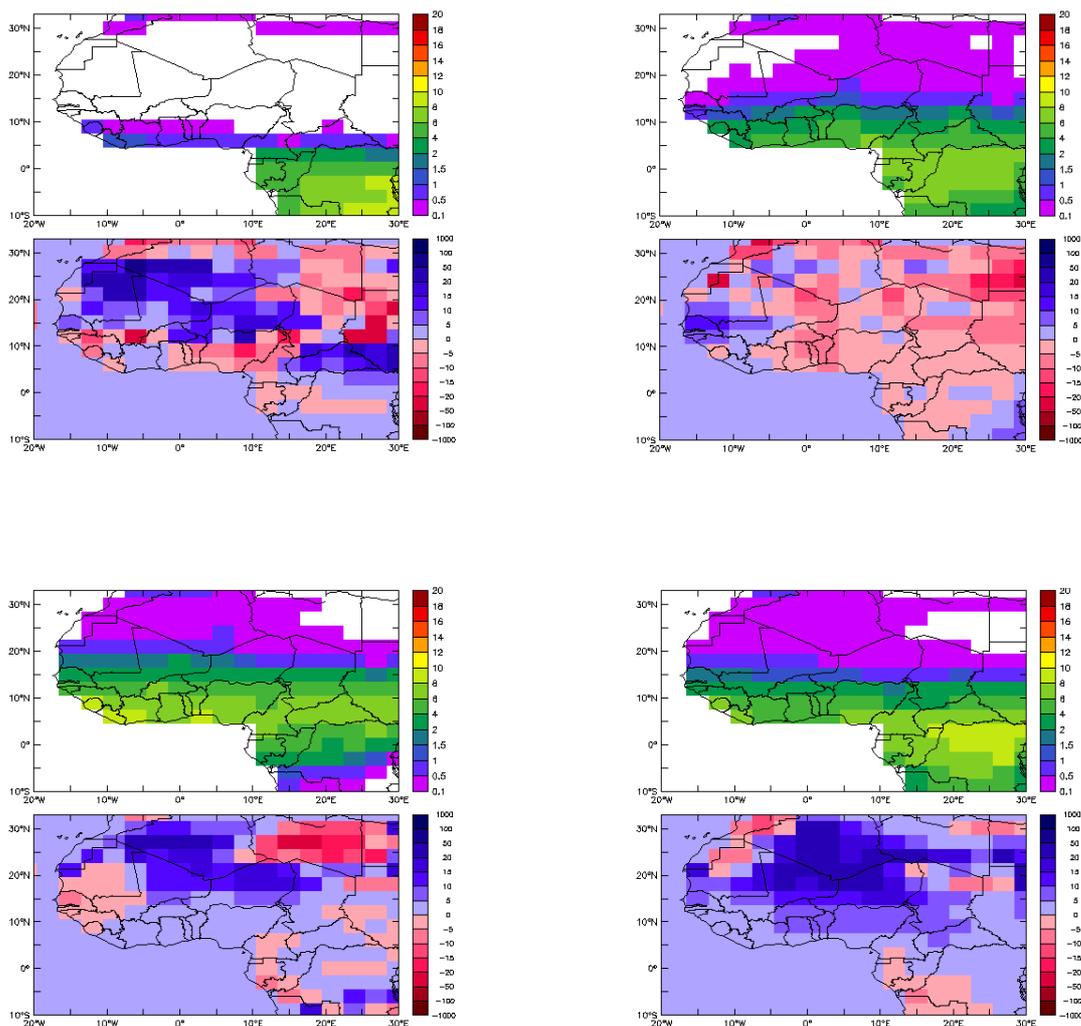


Figura 2. En la parte superior de cada panel se ve la precipitación climatológica media de los 12 modelos en mm/día para el periodo de referencia (1961-1990) En la parte baja de cada panel se pueden ver los cambios en precipitación (en porcentaje respecto al periodo de referencia) proyectados según el escenario de emisiones SRES A2 para el periodo 2011-2040 respecto al periodo de referencia 1961-1990. En el panel superior izquierdo se muestran los resultados para el invierno (diciembre, enero y febrero), en el panel superior derecho para la primavera (marzo, abril y mayo), en el panel inferior izquierdo para el verano (junio, julio y agosto) y en el panel inferior derecho para el otoño (septiembre, octubre y noviembre)

En el conjunto del año los cambios esperables en precipitación (figura 3) son un moderado aumento en el norte de Malí y Níger y también un aumento, pero ligero, en la mayoría del resto de las zonas. Las excepciones se encuentran en Senegal, Gambia, Guinea, Sierra Leona, sur de Ghana, sur de Togo, sur de Benín, suroeste de Nigeria y Camerún. En estas últimas zonas se proyecta un ligero descenso de la precipitación acumulada anual.

Un aspecto que necesita ser destacado es el hecho de que los resultados de precipitación son bastante diferentes para distintos modelos. De este modo, se puede observar como en la práctica totalidad de la región estudiada hay unos modelos que dan una disminución de las precipitaciones, mientras que los otros dan un aumento. Por tanto, la señal en precipitación no es muy clara y, como consecuencia, la incertidumbre de su proyección es elevada.

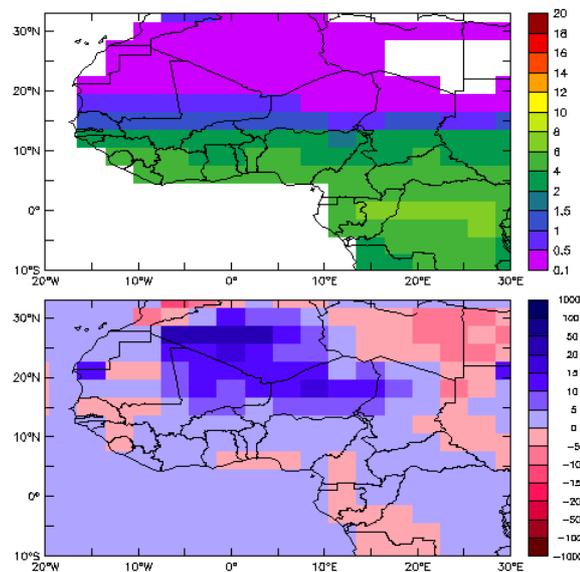


Figura 3. Precipitación anual y cambio de precipitación anual. En la parte superior se muestra la precipitación climatológica media de los 12 modelos en mm/día para el periodo de referencia (1961-1990) En la parte baja se pueden ver los cambios en precipitación (en porcentaje respecto al periodo de referencia) proyectados según el escenario de emisiones SRES A2 para el periodo 2011-2040 respecto al periodo de referencia 1961-1990.

2.3. Aridez

Se ha calculado un índice de aridez (IA) mediante el método que utiliza la clasificación climática de Koeppen-Trewartha para caracterizar el clima seco. El IA nos permite analizar el efecto conjunto de los cambios de temperatura y precipitación, siendo un parámetro directamente relacionado con la capacidad de cultivo y la disponibilidad de recursos hídricos. Valores de IA por encima de 1 se corresponden con climas húmedos y cuanto mayor es el valor más húmedo es el clima. Valores de IA por debajo de 1 indican un clima seco y cuanto más cercano es el valor a cero más seco es el clima. Un IA de 0,5 marca el límite entre el clima semiárido y el árido o desértico.

Se puede ver (figura 4) como en la zona de interés existe un área conformada aproximadamente por Níger, Burkina-Faso, norte de Malí, norte de Nigeria y algunas zonas de Chad donde se apunta una ligera disminución de la aridez. En la parte de carácter árido de este territorio este cambio no debería representar una variación sustancial en su clima, sólo en la parte de sabana (Burkina-Faso, centro de Malí, sur de Níger y norte de Nigeria) podría significar un cambio pequeño pero apreciable hacia un clima más húmedo. En cualquier caso, esta señal no es muy fuerte, pues en la práctica totalidad del área comentada existe bastante discrepancia entre los 12 modelos utilizados.

En el resto de la zona de interés se registra un ligero aumento de la aridez, siendo esta señal más consistente en Camerún y en la región formada por Senegal, Gambia, Guinea-Bissau, Guinea, Sierra Leona y sur de Malí. En la región compuesta por Liberia, Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benín, centro y sur de Nigeria y gran parte de Chad existe más discrepancia entre los modelos a la hora de asignar un aumento de la aridez y, por tanto, más incertidumbre en la proyección.

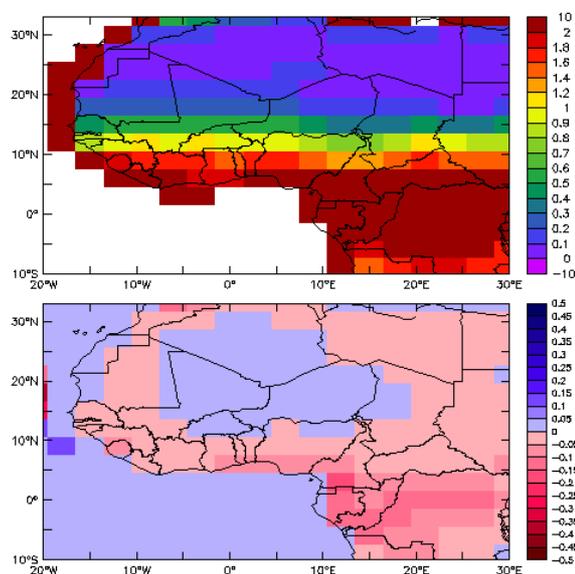


Figura 4. Se representa el índice de aridez (IA) medio de los 12 modelos para el periodo 1961-1990 (parte superior) y su variación proyectada del periodo 2011-2040 respecto al periodo de referencia 1961-1990 (parte inferior) La gama de colores rojos indican aumento de la aridez, mientras que los azules indican disminución de la aridez.



Estos resultados son coherentes con el aumento de temperaturas proyectado para toda la zona, que implica un aumento de la aridez en gran parte de territorio, incluyendo algunas regiones en las que se proyecta un aumento de la precipitación.

La conclusión más relevante de este análisis podría ser que se ha detectado una región (Senegal, Gambia, Guinea-Bissau, Guinea, Sierra Leona y sur de Malí) en la que hay una señal suficientemente clara de aumento de la aridez y que tiene unos climas relativamente cercanos a los parámetros de clima semiárido y, por tanto, es muy vulnerable ante ligeros aumentos de la aridez y fácilmente desertificable. Además, esta región es el origen de un elevado porcentaje de los inmigrantes que desde la zona de interés llegan en los últimos años al territorio español.

Como se comentó anteriormente, se han realizado dos estudios complementarios. El primero de ellos se centra en el periodo 2041-2070 del escenario de emisiones SRES A2. La principal conclusión de este estudio nos indica que para ese periodo y escenario disminuye un poco más, y con baja incertidumbre, la aridez en la zona interior de la región de estudio. Mientras, en la zona costera que va de Senegal a Camerún se mantiene la aridez en un nivel similar a la del periodo inmediatamente anterior (2011-2040) pero aumentando ligeramente la incertidumbre.

El segundo de estos estudios complementarios se refiere al periodo 2011-2040 del escenario de emisiones SRES B1. En este escenario el crecimiento de la población mundial está mucho más controlado, se busca con mayor intensidad el desarrollo de tecnologías limpias, la relación entre las distintas regiones del planeta es más fluida y se consigue rebajar fuertemente las desigualdades¹⁰. Con estas condiciones las emisiones de gases de efecto invernadero se controlan y a finales del siglo XXI son mucho menores que en el escenario SRES A2. A pesar de ello, en el escenario SRES B1 también se observan numerosas zonas de la región estudiada en las que aumentaría la aridez, pero de una manera menos intensa y extensa que en SRES A2 y con un grado de incertidumbre mayor. Por tanto, se puede concluir que la adopción de unas adecuadas medidas políticas y socioeconómicas globales beneficiaría a la región en las próximas décadas, sin tener que esperar a finales del siglo XXI, sin menoscabo de la necesidad de toma de medidas a escala regional.

3. Proyecciones agronómicas y sus implicaciones

El análisis climático y del IA nos permite discriminar dos zonas, una de ellas dividida en dos subregiones. Para cada una de ellas analizamos a continuación sus sistemas de producción agropecuaria descritos por la FAO¹¹ y los efectos que en ellos y sus habitantes podrá tener el cambio climático.

¹⁰ Nakicenovic, Nebojsa y Swart, Rob (eds.), *op. cit.*

¹¹ Dixon, J.; Gulliver A. y Gibbon, D. (2001): *Farming Systems and Poverty: Improving Farmers' Livelihoods in a Changing World*, Roma y Washington DC, FAO and World Bank.



3.1. Sistemas de producción agropecuaria de la región

La región interior, que conforma el Sahara y las regiones de sabana de transición entre el desierto y la zona costera. En esta zona encontramos principalmente los siguientes sistemas de producción agropecuaria:

A) Disperso, ocupando la mayor parte de la región y en la zona sahariana en Níger, Malí, Chad y Mauritania. Su baja productividad permite sostener a escasa población y una muy limitada cabaña de ganado vacuno de pastores nómadas que utilizan pequeñas zonas regadas. Es una zona de gran pobreza donde tanto la agricultura es de subsistencia y marginal.

B) Agro-pastoril Mijo/Sorgo más al sur, a la latitud de Senegal y hasta Níger, con una baja densidad de población, sedentaria pero sometida a pobreza generalizada ya que el sistema es de subsistencia y de baja productividad. El cultivo es manual y emplea tracción animal, cultivándose el mijo y sorgo en seco, con escasa comercialización de sésamo y leguminosas. El ganado (bovino, ovino y caprino) cumple funciones de alimentación, fuerza de tracción y transporte e intercambios sociales de diversos tipos. El principal factor limitante en la productividad agraria es la disponibilidad hídrica.

La región costera que a su vez podemos descomponer en dos zonas en función del grado de incertidumbre que presentan sus proyecciones:

Zona costera con proyecciones de menor incertidumbre: Los países más occidentales de la costa, desde Senegal a Sierra Leona, más Camerún. Esta zona presenta los sistemas:

B) en Senegal.

C) Cultivo Mixto Cereales-Raíces Comestibles, por toda la región. Sustenta numeroso ganado vacuno, con tierras de cultivo a baja altitud con temperaturas altas. Se cultiva el maíz, el sorgo, el algodón, y el mijo con tracción animal y donde ésta no existe raíces comestibles (ñame y yuca). Es un sistema diverso con gran número de productos comercializados. El principal factor limitante es la disponibilidad de agua, sin embargo es un sistema con gran potencial agrícola y su población sufre pobreza limitada.

D) Cultivos de Raíces Comestibles, en toda la zona, al sur de los sistemas tipo C). La precipitación no es tan limitante y el riesgo de la pérdida de cosechas es bajo. Soporta una cabaña ganadera menor que C), y la pobreza de su población y el potencial agrícola son ambos moderados, basados sobre todo en el aumento de la comercialización de la palma aceitera y las raíces comestibles.

E) Cultivos Arbóreos, en Camerún. Cultivos leñosos industriales como el cacao, el café, la palma aceitera y el árbol de caucho, intercalados con cultivos alimenticios de subsistencia. Existen grandes propiedades comerciales con pequeños productores periféricos dependientes a los que afecta una pobreza moderada-baja. El riesgo de pérdidas de cultivos es bajo pero el sistema es dependiente de los precios de los cultivos comerciales. El potencial agrícola es medio alto.

F) Basado en el Uso de Recursos Forestales, en el área sudoriental de Camerún y Guinea Ecuatorial. Se trata de un sistema tradicional migratorio en el que cada año se deforesta una extensión de bosque que se cultiva de 2 a 5 años, seguida de una barbecho de entre 7 y 20 años. La presión demográfica está reduciendo la duración del barbecho. Se cultivan los cereales, maní, yuca, complementados con maíz, sorgo, frijol, y cocoyam. La densidad de



población es baja, y sufre pobreza severa subsistiendo de los productos forestales y la caza. Potencial agrícola moderado por alta precipitación y la degradación del suelo.

G) Pesca Costera Artesanal. Toda la costa, con alta densidad de población. La pesca se realiza desde botes o con cerco de red, y se complementa con escasa ganadería y agricultura de subsistencia en policultivo con arroz y árboles frutales. La pobreza y el potencial agrícola son ambos moderados.

Zona costera con proyecciones de mayor incertidumbre: los países costeros entre Liberia y Nigeria más Burkina-Fasso. En esta zona encontramos los sistemas

- C) a la latitud de Burkina-Fasso,
- D) a la latitud de Costa de Marfil y hasta Camerún,
- E) al sur de Nigeria,
- G) en toda la costa.

En todos estos sistemas, el período de crecimiento de los cultivos herbáceos se extiende de mayo a octubre. Este período de crecimiento dura entre 90 y 150 días dependiendo de las especies y la localización exacta. El principal factor limitante en la región es la duración de este período condicionado por la precipitación y su estacionalidad. En la mayor parte de la región la evapotranspiración supera la precipitación.

3.2. Efectos del cambio climático en los sistemas de la región

Analicemos los posibles impactos del cambio climático en estos sistemas. Para los sistemas de la región interior, donde el IA mejora ligeramente (Figura 4), el problema es si el ligero aumento de las precipitaciones compensará las pérdidas en cultivos (del sistema B) por el aumento de temperaturas. El aumento de temperaturas tiene el efecto de acelerar el crecimiento de los cultivos y aumentar la evaporación. Por tanto se aceleraría el crecimiento de las variedades actuales (que interceptarían una menor cantidad de radiación solar total y por tanto sintetizarían menos cantidad de biomasa) por lo que sería conveniente buscar variedades de ciclo más largo; sin embargo, si la estación húmeda se acorta estos ciclos más largos no podrían madurar con éxito. Además, el rendimiento disminuye con temperaturas supraóptimas. El ganado también puede sufrir efectos adversos al acortarse la estación de pastos y por el aumento de temperaturas (en ambos sistemas A y B). Se apunta a cierta sustitución del ganado bovino por el ovino y caprino, más resistente a altas temperaturas y la sequía; esto beneficiaría a los pequeños productores que pueden realizar esta sustitución fácilmente. La Figura 2 apunta a un ligero desplazamiento de la estación húmeda hacia el otoño, cuando las temperaturas son algo menores que en verano (datos no mostrados), lo que desplazaría el ciclo de cultivo de la misma forma y contribuiría a suavizar el impacto negativo, pero no a evitarlo. Por ser una zona de agricultura marginal es muy vulnerable, por lo que pese a la mejora del IA, el IPCC da unas proyecciones claramente desfavorables: Según el 4º Assesment Report del IPCC¹², en las regiones semiáridas africanas entre las

¹² Boko, M., I. Niang, A. Nyong, C. Vogel, A. Githeko, M. Medany, B. Osman-Elasha, R. Tabo and P. Yanda: "Africa" en Parry, M.L., Canziani, O.F. Palutikof, J.P., van der Linden P.J. y Hanson, C.E (eds) (2007): *Climate*



cuales estaría esta región interior, es probable, con baja incertidumbre, que se reduzca el período de crecimiento. Las zonas actualmente marginales dejarían de ser adecuadas para la agricultura. Los rendimientos agrícolas y por tanto la seguridad alimentaria se verían adversamente afectadas y la emigración potencial aumentaría.

Las proyecciones son similares para los sistemas B, C y D de la subregión costera de baja incertidumbre, y el sistema D de la subregión costera de alta incertidumbre.

Una excepción podría ser el sistema C en Burkina-Fasso y el sur de Níger, consistente en sabanas de transición entre el Sahara y la zona húmeda. Se produce aquí una mejora clara del IA fuera del entorno árido sahariano (Figura 4), que podría permitir el desarrollo de los ciclos largos de los que hablábamos para la región interior. Sin embargo esta zona está dentro de la de proyecciones de alta incertidumbre como así lo resalta el IPCC¹³: “una región crítica inestable”, que no considera estos posibles efectos positivos.

El sistema E, de pequeña extensión y sujeto a altas pluviometrías, puede verse beneficiado por un ligero aumento del IA, pero al estar rodeado de zonas desfavorecidas estará sujeto a un fuerte presión migratoria¹⁴.

En el sistema F, el cambio climático agudizará los problemas que le son propios: la erosión y degradación de la fertilidad del suelo. Aumenta anualmente la cantidad de tierra cultivada a expensas de la deforestación, acortándose el período de barbecho por la presión demográfica. Es un sistema no sostenible en el tiempo, por lo que se espera a medio o largo plazo el mismo efecto que para los sistemas A, B C y D.

El sistema G sufrirá, además de los efectos generales sobre las especies marinas, el impacto del aumento del nivel de mar sobre tres deltas de la región: El del Senegal, el Volta y el Níger. Este impacto está clasificado como medio en función del número de habitantes que soportan estos deltas¹⁵.

3.3. Adaptaciones al cambio climático en la región

Se han apuntado más arriba algunas adaptaciones autónomas (que el agricultor puede emprender por sí mismo) y existen otras posibles: cambios de variedad, especie, cambios en las fechas de siembra, mejora en el manejo del suelo, mejora en las rotaciones de cultivos. Muchos autores están destacando que existe espacio para realizar estas adaptaciones que ayudarían a compensar y mitigar al menos en parte los efectos del cambio climático^{16 17}. Dado

Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge UK, Cambridge University Press. pp. 433-467.

¹³ *Ibid.*

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ Nicholls, R.J., P.P. Wong, V.R. Burkett, J.O. Codignotto, J.E. Hay, R.F. McLean, S. Ragoonaden and C.D. Woodroffe: “Coastal systems and low-lying areas” en Parry, M.L., Canziani, O.F. Palutikof, J.P., van der Linden P.J. y Hanson, C.E (eds) (2007): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge UK, Cambridge University Press. pp. 315-356.

¹⁶ Fischer, G., Tubiello, F.N., Velthuisen H, Wiberg, D.A.: “Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990–2080”, *Technological Forecasting & Social Change* (2006), doi:10.1016/j.techfore.2006.05.021.

¹⁷ VV.AA.: “Summary for Policymakers” en Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. y Meyer L.A. (eds) (2007): *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment*



que en general se espera un aumento de la variabilidad interanual, en estos sistemas será clave la flexibilidad y la capacidad para hacer frente a años extremos^{18 19}, que aquí se traducen como años de intensa sequía. Por ejemplo, en los sistemas B y C pasa por una conservación de la cobertura vegetal de la sabana manteniendo reservas de pasto y leña. Las situaciones de emergencia pueden dificultar que estas prácticas se lleven a cabo, pues la pérdida de cosechas debida a la sequía dará paso a un aumento del precio de los alimentos que incrementará el riesgo de hambrunas en la región. Otras adaptaciones propuestas son la intensificación de los sistemas (aumentar los insumos) para aumentar su productividad, el aumento de la diversidad (pasa por el acceso a semillas y conocimientos sobre técnicas culturales) y el aumento del tamaño de la explotación. Cuando tales adaptaciones no son posibles, se contempla el abandono de la actividad agrícola. Las proyecciones indican que la mayor parte de la agricultura se seguirá realizando en secano.

Sin embargo, la vulnerabilidad de esta zona no sólo reside en los factores biofísicos. La extrema pobreza de su población multiplica la vulnerabilidad al hacer muy difícil incluso las adaptaciones más sencillas. En concreto:

- Existe un difícil acceso a los recursos técnicos básicos: acceso limitado a muchos de los insumos agrícolas debido al retiro del sector público en el suministro de semillas mejoradas y agroquímicos. Por ejemplo, en el sistema B existe una escasez de semilla de buena calidad de variedades de maduración temprana y resistentes a la sequía.
- Malas condiciones sanitarias del ganado: infestación del tsetse en el sistema C
- Mal acceso al mercado internacional: descenso de la cuota regional del comercio agrícola internacional
- Falta de capacidad técnica para proporcionar una respuesta rápida y flexible antes las condiciones variables de cada año.
- Los conflictos armados no sólo destruyen cosechas sino que desorganizan las estructuras sociales en torno a la producción agrícola: transportes, comercialización, centros de acopio de grano u otros productos, centros de venta y asesoramiento, etc.

Otras adaptaciones, de tipo estructural que implican una planificación estatal, como cambios en el uso de suelo, gestión de recursos a nivel de cuenca, planificación de recurso hídricos, etc., dependen de la administración de cada país, debilitada en recursos y capacidad de influencia en esta región.

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

¹⁸ Minguéz, M.I., Ruiz-Ramos, M., Díaz-Ambrona, CH. y Quemada, M.: "Productivity in agricultural systems under climate change scenarios. Evaluation and adaptation", *Journal de Physique*, vol. 121, (2004), pp. 269-281.

¹⁹ Ruiz-Ramos, M.: "El impacto del cambio climático en los sistemas agrarios de los países en desarrollo", *Tiempo de Paz*, vol. 85 (2007), pp. 60-65.



Conclusiones

Las principales consecuencias de este trabajo en lo que respecta a las proyecciones para el África Subsahariana Occidental en el periodo 2011-2040 bajo el escenario de emisiones SRES A2 se exponen a continuación.

Las temperaturas aumentan alrededor de 1 °C de manera espacialmente homogénea y para todas las estaciones del año. La incertidumbre para esta proyección es baja.

La tendencia para las precipitaciones es a aumentar en la mayor parte de la región. Este aumento es moderado en las zonas interiores y más ligero en las zonas costeras. En unas pocas zonas (fundamentalmente la zona costera entre Senegal y Sierra Leona y amplias zonas de Camerún) es esperable una disminución de la precipitación. Estos cambios no son homogéneos a lo largo del año y se ha detectado un desplazamiento de la estación húmeda hacia el otoño. La incertidumbre para las proyecciones de precipitación es más elevada que para las de temperatura.

El índice de aridez nos permite analizar el efecto conjunto de los cambios de temperatura y precipitación, así como valorar, en primera aproximación, el impacto del cambio climático en cultivos y vegetación natural. La proyección para este índice nos señala que en la región interior del África Subsahariana Occidental podría disminuir ligeramente la aridez, mientras que en las zonas costeras podría aumentar también ligeramente. En cualquier caso, la incertidumbre es alta en todas las zonas salvo en la franja que va de Senegal a Sierra Leona y en Camerún donde la señal de ligero aumento de la aridez es bastante consistente.

Las proyecciones de disminución de rendimientos agrícolas en la zona son dominantes. Estas conclusiones resultan coherentes con las del IPCC, que proyecta como impacto de las pérdidas agrícolas en la región un descenso medio del PIB del 2-4 %²⁰. Los impactos positivos se refieren a extensiones muy pequeñas y que están sujetas a gran incertidumbre. Además, las zonas en que se produjesen estos impactos positivos estarían sometidas a una fuerte presión migratoria de las áreas circundantes.

Pese a que la adaptación y la mitigación son posibles, las medidas que en otras regiones del mundo serán relativamente sencillas, pueden resultar inabordables en la región. Si no se adoptan, puede producirse un aumento del abandono de la actividad agrícola y un incremento de la presión migratoria.

²⁰ Boko, Niang, Nyong, Vogel, Githeko, Medany, Osman-Elasha, Tabo y Yanda, *op. cit.*

