

Evaluación del sector agropecuario-forestal para adaptarse al cambio climático en el sur-sureste de México*

Evaluation of agricultural-forestry sector for adaptation to climate change in the south-southeast of Mexico

Jesús Uresti-Gil^{1§}, José Antonio Espinosa-García², Héctor Daniel Inurreta-Aguirre¹ y Diana Uresti-Durán¹

¹Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba km 34.5. C. P. 94270. Medellín de Bravo, Veracruz, México Tel. 01 8000882222, ext. 87222. (inurreta.daniel@inifap.gob.mx; espinosa.jose@inifap.gob.mx; uesti.diana@inifap.gob.mx). ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP. Carretera a Colón, km 1, CP. 76190. Ajuchitlán, Querétaro, México. Tel: 01 8000882222, ext. 80226. [§]Autor para correspondencia: uesti.jesus@inifap.gob.mx.

Resumen

El cambio climático impactará en forma negativa la productividad del sector agropecuario-forestal, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Para elaborar los planes de adaptación al cambio climático de dichos sectores, es necesario contar con información sobre su capacidad de adaptación. El presente estudio, tuvo como objetivo desarrollar un índice sintético de capacidad de adaptación al cambio climático (ICA) a escala municipal en ocho cuencas representativas del sur-sureste de México (Balsas-Mezcala, Grijalva-Concordia, Grijalva-Villahermosa, Laguna de Términos, Nautla, Papaloapan, Tehuantepec, Yucatán). El ICA se desarrolló en función de 5 sub índices: recursos naturales (RN), desarrollo de las capacidades humanas (DH), desarrollo económico (DE), desarrollo de infraestructura (DI); desarrollo tecnológico (DT), cada sub índice se evaluó a través de diferentes variables obtenidas a partir de la caracterización, a escala municipal, de los recursos naturales, aspectos socioeconómicos, tecnológicos y de infraestructura; la información utilizada se obtuvo a partir de diversas fuentes oficiales, que se procesó, analizó y conjuntó en bases de datos. Finalmente el ICA obtenido para cada municipio, se expresó cartográficamente. En el área de estudio 255 municipios presentan un nivel de adaptación bajo, 350 un nivel medio

Abstract

Climate change will impact negatively the productivity of the agricultural-forestry sector, putting at risk food security. To develop plans for adaptation to climate change in these sectors, it is necessary to count with information on their capacity to adapt. This study aimed to develop a synthetic index of adaptability to climate change (ICA) at municipal level in eight representative basins from south-southeast of Mexico (Balsas-Mezcala, Grijalva-Concordia, Grijalva-Villahermosa, Laguna de Terminos, Nautla, Papaloapan, Tehuantepec, Yucatan). ICA was developed based on five sub-indexes: natural resources (RN), development of human capacities (DH), economic development (DE), infrastructure development (DI); technological development (DT), each sub index was assessed using different variables obtained from the characterization, at municipal level, from natural resources, socio-economic, technological and infrastructural aspects; the information used was obtained from different official sources, that was processed, analyzed and brought together in databases. Finally the ICA obtained for each municipality, was expressed cartographically. In the study area 255 municipalities have a low level of adaptation, 350 average level and only 19 a high level. Most municipalities

* Recibido: julio de 2016
Aceptado: octubre de 2016

y solo 19 un nivel alto. La mayoría de los municipios con nivel bajo de ICA se encuentran en lugares serranos, mientras que los municipios con un ICA alto contienen ciudades, en donde el alto PIB incrementa el DE y por lo tanto el ICA.

Palabras clave: bases de datos; cartografía, índice sintético, planeación, toma de decisiones.

Introducción

El panel intergubernamental para el cambio climático, en 2007 confirmó que el calentamiento global de la tierra es un hecho debido a causas antropogénicas (Solomon *et al.*, 2007). El incremento de la población, la quema de combustibles fósiles, la agricultura, la deforestación y el cambio de uso del suelo para producir alimentos y urbanización, son las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como el bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), a tasas que son consideradas peligrosas para el equilibrio del sistema climático, la seguridad alimentaria, la protección de ecosistemas y el desarrollo económico sostenible.

Solomon *et al.* (2007), reporta que entre los periodos de 1850 a 1899 y de 2001 a 2005 se registró un incremento en la temperatura promedio global de 0.74 °C. Meehl *et al.* (2007) reporta que para 2011-2030, 2046-2065 y 2080-2099 la temperatura global promedio se incrementará entre 1-2 °C, 3-4 °C y 4-7 °C, respectivamente, comparados con las temperaturas del periodo 1980 a 1999. En las zonas subtropicales se observará una reducción de hasta 20% de la precipitación pluvial (Solomon *et al.*, 2007).

Las afectaciones en México se verán reflejadas por lluvias más intensas y espaciadas, así como eventos extremos (olas de calor, sequías, inundaciones, huracanes y ciclones tropicales) de mayor intensidad (Meehl *et al.*, 2007). El incremento en la temperatura, la reducción de la lluvia y la presencia de eventos extremos impactará negativamente la productividad de los sectores agrícola, pecuario y forestal, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Con un incremento de 3 °C (el cual se espera en el periodo de 2040 a 2060), se observarán reducciones en el rendimiento de cereales de entre 20 y 50% (Easterling *et al.*, 2007).

with low ICA are in the mountains, while municipalities with high ICA contain cities, where high GDP increases DE and therefore ICA.

Keywords: cartography, databases, decision making, planning, synthetic index.

Introduction

The Intergovernmental Panel on Climate Change in 2007 confirmed that global warming is a fact due to anthropogenic causes (Solomon *et al.*, 2007). The increase in population, the burning of fossil fuels, agriculture, deforestation and changes in land use for food production and urbanization, are the main sources of emissions of greenhouse gases (GHGs) such as carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), at rates that are considered dangerous for the balance of the climate system, food security, ecosystem protection and sustainable economic development.

Solomon *et al.* (2007) reports that between the periods 1850 to 1899 and from 2001 to 2005 an increase in the average global temperature of 0.74 °C was recorded. Meehl *et al.* (2007) reports that for 2011-2030, 2046-2065 and 2080-2099 the average global temperature will increase by 1-2 °C, 3-4 °C and 4-7 °C, respectively, compared with temperatures in the period 1980-1999. In the subtropics areas there will be a reduction of up to 20% of rainfall (Solomon *et al.*, 2007).

The impact in Mexico will be reflected by more intense and spaced rainfall, thus extreme events (heat waves, droughts, floods, hurricanes and tropical cyclones) of higher intensity (Meehl *et al.*, 2007). The increase in temperature, reduction of rainfall and the presence of extreme events will have a negative impact on the productivity of agriculture, livestock and forestry sectors, putting food security and sustainable development at risk. With an increase of 3 °C (which is expected in the period 2040-2060), reductions in grain yield between 20 and 50% (Easterling *et al.*, 2007) will be observed.

Mankind has always sought to adapt to the impacts of climate variability, using a wide range of technologies (Burton *et al.*, 2006) in fact it can be said that human societies are inherently

La humanidad siempre ha buscado adaptarse a los impactos de la variabilidad climática, usando un amplio rango de tecnologías (Burton *et al.*, 2006) de hecho se puede afirmar que las sociedades humanas son inherentemente adaptativas, respondiendo a los cambios en el medio ambiente en búsqueda de su subsistencia (Engle, 2011). Sin embargo, la adaptación es un proceso complicado, donde muchas veces en lugar de mitigar los efectos del fenómeno de perturbación, estos se exacerbaban (Barnett y O'Neill, 2010) y cuyas directrices están altamente influenciadas por los objetivos sociales y culturales de la población (Adger *et al.*, 2004). Aunado a esto, el cambio climático presenta nuevos retos más allá del rango de adaptación a la variabilidad climática tradicional (Solomon *et al.*, 2007).

La adaptación al cambio climático y a los riesgos que este presenta, tiene lugar en un contexto social, económico, tecnológico, biofísico y político dinámico, que varía con el tiempo, la ubicación y sector; esta compleja mezcla de condiciones determina la capacidad de los sistemas para adaptarse (Smit y Pilifosova, 2007). El proceso de adaptación consta de tres pasos principales: evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, desarrollo de las capacidades necesarias a nivel internacional, nacional y local y promoción de medidas de adaptación, estos pasos son dinámicos y están interrelacionados.

La facultad de cualquier sistema para hacer frente a la exposición y sensibilidad ante un fenómeno adverso externo, depende del grado en que pueda explotar su capacidad de adaptación, ya sea innata o desarrollada (Tol, 2009). La capacidad de adaptación al cambio climático, es la habilidad de diseñar y poner en práctica estrategias de adaptación eficaces para reaccionar ante las crecientes amenazas del cambio climático, con el fin de reducir la probabilidad de la ocurrencia o la magnitud del impacto de fenómenos negativos; este proceso requiere utilizar la información disponible para enfrentar el clima futuro, incluyendo sorpresas (Brooks y Neil, 2005; Smit y Pilifosova, 2007). El aumento de la capacidad de adaptación al cambio climático, mejora la oportunidad de los sistemas para manejar diferentes rangos y magnitudes de impactos, otorgándole resiliencia al sistema (Engle, 2011).

Las medidas de adaptación son aquellas estrategias que permitan a las personas o a las comunidades hacer frente o adaptarse a los impactos del cambio climático en las

adaptive, responding to changes in the environment in search for subsistence (Engle, 2011). However, adaptation is a complicated process, where many times instead of mitigating the effects of disturbance phenomenon, these exacerbate (Barnett and O'Neill, 2010) and whose guidelines are highly influenced by social and cultural goals of the population (Adger *et al.*, 2004). In addition to this, climate change presents new challenges beyond the adaptation range to traditional climate variability (Solomon *et al.*, 2007).

Adaptation to climate change and risks posed, takes place in a social, economic, technological, biophysical and political context, which varies with time, location and sector; this complex mixture of conditions determines the capability of the systems to adapt (Smit and Pilifosova, 2007). The adaptation process consists of three main steps: assessing vulnerability to climate change, developing necessary capabilities at international, national and local level and promote adaptation measures, these steps are dynamic and interrelated.

The power of any system to deal with exposure and sensitivity against external adverse phenomenon depends on the extent in which can exploit its ability to adapt, either innate or developed (Tol, 2009). The capability to adapt to climate change, is the ability to design and implement effective adaptation strategies to respond to the growing threats of climate change, in order to reduce the probability of occurrence or the magnitude of the impact of negative phenomena; this process requires to use available information to face the future climate, including surprises (Brooks and Neil, 2005; Smit and Pilifosova, 2007). Increased resilience to climate change improves the opportunity of the systems to handle different ranges and magnitudes of impacts, providing resilience to the system (Engle, 2011).

Adaptation measures are those strategies that enable individuals or communities to cope and adapt to the impacts of climate change in specific areas (Nyong *et al.*, 2007) and are a key factor to reduce the severity of the impact of change climate in food production (Easterling *et al.*, 2007). According to Smit *et al.* (2007) adaptation measures to climate change can be classified according to several factors, however the most accepted classification is divided into autonomous and planned, autonomous implement on the go knowledge and technologies in response to changes and impacts, while planned include mobilization and operation

áreas específicas (Nyong *et al.*, 2007) y son un factor clave para reducir la severidad del impacto del cambio climático en la producción de alimentos (Easterling *et al.*, 2007). De acuerdo a Smit *et al.* (2007) las medidas de adaptación al cambio climático pueden clasificarse de acuerdo a varios factores, sin embargo la clasificación más aceptada se dividen en autónomas y planeadas, las autónomas implementan sobre la marcha conocimientos y tecnologías en respuesta a los cambios e impactos, mientras que las planeadas incluyen la movilización y operación de instituciones, políticas y programas para establecer o reforzar las condiciones favorables para una efectiva adaptación (Adger *et al.*, 2007).

Es necesario implementar tanto medidas autónomas de adaptación para evitar y revertir el impacto negativo del cambio climático, como medidas planeadas de adaptación para incrementar la habilidad y construir capacidades y condiciones favorables para una efectiva adaptación. Easterling *et al.*, 2007, indica que a medida que se incrementa la temperatura, la eficiencia de las medidas de adaptación disminuye, hasta desaparecer con incrementos de temperatura mayores de 3 °C.

La capacidad para adaptarse es una condición necesaria para el diseño e implementación de medidas de adaptación y depende del grado del desarrollo económico, tecnológico, capacidades humanas, infraestructura, estructuras gubernamentales y equidad (Smit y Pilifosova, 2001). Para Yohe y Tol (2002), la capacidad de adaptación está determinada por ocho factores: a) Las tecnologías disponibles; b) La disponibilidad de recursos y el acceso de la población a estos; c) la estructura institucional; d) el capital humano; e) el capital social; f) el acceso a la información pertinente; g) la habilidad de los tomadores de decisión; y h) La percepción del público sobre el cambio climático y sus repercusiones locales.

El sur-sureste de México es una región que presenta condiciones edafológicas, climáticas, orográficas, políticas, económicas, tecnológicas, de desarrollo humano y de infraestructura contrastantes; cuya principal actividad es la producción agrícola, pecuaria y forestal (INEGI, 2014). Debido a tales condiciones, se espera que el impacto del cambio climático sea irregular y severo, en las regiones más vulnerables, poniendo en riesgo la alimentación y el sustento de la población de esta región y afectando al resto del país. El uso de medidas de adaptación podría reducir el impacto del cambio climático sobre la productividad del sector agropecuario y forestal en esta región. Sin embargo,

of institutions, policies and programs to establish or reinforce favorable conditions for an effective adaptation (Adger *et al.*, 2007).

It is necessary to implement both autonomous adaptation measures to prevent and reverse the negative impact of climate change, and planned measures of adaptation to increase the ability and build capacity and favorable conditions for an effective adaptation. Easterling *et al.* (2007), indicates that as the temperature increases, the efficiency of adaptation measures decreases till disappearance with increases of temperatures higher than 3 °C.

The ability to adapt is a necessary condition for the design and implementation of adaptation measures and depends upon the degree of economic, technological, human capabilities, infrastructure, governmental structures and equity measures (Smit and Pilifosova, 2001). For Yohe and Tol (2002), adaptive capacity is determined by eight factors: a) available technologies; b) availability of resources and access of the population to these; c) institutional structure; d) human capital; e) social capital; f) access to relevant information; g) ability of decision makers; and h) public perception of climate change and its local impacts.

South-southeast of Mexico is a region with contrasting soil, climate, orographic, political, economic, technological, human development and infrastructure; whose main activity is agriculture, livestock and forestry production (INEGI, 2014). Due to such conditions, it is expected that the impact of climate change will be irregular and severe in most vulnerable regions, jeopardizing food and livelihood of the people from this region, affecting the rest of the country. The use of adaptation measures could reduce the impact of climate change on productivity of the agricultural and forestry sector in this region. However, currently the degree of adaptability is unknown at municipal level in the south-southeast region of Mexico. Therefore, this work generates a synthetic index at municipal level of the south-southeast region of Mexico, expressing the capability of adaptation to climate change, based on natural, economic, human, technological and infrastructure factors.

Materials and methods

Eight representative watersheds with soil, climate, orographic and land use from south-southeast of Mexico were selected: 1) Balsas-Mezcala, located in the state of

actualmente, se desconoce el grado de capacidad de adaptación a nivel municipal en el sur-sureste de México. Por lo anterior, este trabajo genera un índice sintético a nivel municipal para el sur-sureste de México, que exprese la capacidad de adaptación al cambio climático, en función de factores naturales, económicos, humanos, tecnológicos y de infraestructura.

Materiales y métodos

Se seleccionaron ocho cuencas hidrológicas representativas de las condiciones edafológicas, climáticas, orográficas y de uso de suelo del sur-sureste de México: 1) Balsas-Mezcala, localizada en estado de Guerrero; 2) Grijalva-Concordia, localizada en el estado de Chiapas; 3) Grijalva-Villahermosa, localizada en el estado de Tabasco; 4) Laguna de Términos, localizada en el estado de Campeche y Yucatán; 5) Nautla, localizada en el estado de Veracruz; 6) Papaloapan, localizada en los estados de Veracruz y Oaxaca; 7) Tehuantepec, localizada en el estado de Oaxaca; y 8) Yucatán, localizada en el estado del mismo nombre. Estas cuencas fueron identificadas a partir del mapa de cuencas hidrológicas de la CNA (2011) escala 1:250 000.

Posteriormente se determinaron y cartografiaron los municipios contenidos en cada cuencas, para ello se utilizó el software ArcMap 9.3, sobreponiendo el mapa de las cuencas seleccionadas con el mapa de división política del INEGI (2011), escala 1:250 000. Cuando los límites políticos municipales, no corresponden con la delimitación de las cuencas hidrológicas, se tomó la decisión de considerar la superficie total del municipio, ocasionando un aumento en el área de estudio.

El índice sintético de la capacidad de adaptación al cambio climático (ICA) se estimó usando como base información proveniente de una serie de caracterizaciones sobre el estado actual de los sectores productivos agrícola, pecuario y forestal, así como de las condiciones socioeconómicas y de los recursos naturales imperantes en cada municipio, la información para realizar la caracterización fue acopiada de fuentes oficiales, con la cual se integró una bases de datos y se generaron cinco sub-índices: recursos naturales (RN), desarrollo económico (DE), desarrollo de las capacidades humanas (DH), desarrollo tecnológico (DT) y desarrollo de

Guerrero; 2) Grijalva-Concordia, located in the state of Chiapas; 3) Grijalva-Villahermosa, located in the state of Tabasco; 4) Laguna de Termino, located in the state of Campeche and Yucatán; 5) Nautla, located in the state of Veracruz; 6) Papaloapan, located in the states of Veracruz and Oaxaca; 7) Tehuantepec, located in the state of Oaxaca; and 8) Yucatán, located in the state of the same name. These basins were identified from the watershed map from CNA (2011) 1:250 000 scale.

Subsequently the municipalities contained in each basin were located and mapped, for which the ArcMap 9.3 software was used, overlaying a map of selected basins with the map of political division from INEGI (2011) 1:250 000 scale. When political municipal boundaries do not correspond with watersheds delimitation, the decision to consider the total area of the town was taken causing an increase in the study area.

The synthetic index of adaptability to climate change (ICA) was estimated using as basis information from a series of characterizations from the current state of the agricultural, livestock and forestry production sectors, thus socio-economic conditions and prevailing natural resources in each municipality, the information for the characterization was collected from official sources, with which a database was integrated and generated five sub-indices: natural resources (RN), economic development (DE), human capacity development (DH), technological development (DT) and infrastructure development (DIAPF). These sub-indices were evaluated from variables that were formed with the parameters obtained from the characterization (Table 1 and 2).

The parameters used for variables DE, DH, DT and DIAPF were obtained from official sources as SIAP (2016), INEGI (2011), CONAFOR (2016), SNIIM (2016), CONAPO (2014), CONEVAL (2014). Due to the information required to develop the RN sub-index, there was no information available at municipal level, so it was necessary to estimate the parameters, as described below:

Climate parameters were obtained from 335 meteorological stations from SMN. Using ArcGIS 9.3, the centroid of each municipality was located and identified the closest weather station to it. Climatic parameters were considered from monthly average statistics compiled with measured

infraestructura (DIAPF). Estas sub-índices se evaluaron a partir de variables, que fueron conformados con parámetros obtenidos de las caracterizaciones (Cuadro 1 y 2).

daily data for each station, it is noteworthy that only stations with complete information of more than 10 years were used.

Cuadro 1. Conformación de las variables socioeconómicas y de recursos naturales que integran el índice sintético de la capacidad de adaptación al cambio climático.

Table 1. Conformation of socioeconomic and natural resources variables that integrate the synthetic index of adaptive capacity to climate change.

Subíndice	Variables
Recursos naturales (RN) [20%]	1) Clima [30%]: temperatura promedio (°C) [33%], precipitación pluvial (mm) [33%], radiación solar (MJ m ⁻²) [33%]. 2) Suelo [40%]: profundidad (cm) [30%], textura (% de arcilla, limo y arena) [15%], pH [15%], contenido de materia orgánica (%) [15%], pendiente del terreno (%) [25%] 3) Agua [30%]: agua disponible per cápita (m ³ hab ⁻¹ año ⁻¹) [50%], presión sobre el recurso hídrico (%) [50%]
Desarrollo económico (DE) [20%]	1) Producto interno bruto (PIB) [50%], 2) Grado de marginación [25%], 3) Porcentaje de pobreza [25%]
Desarrollo humano (DH) [20%]	1) Proporción de géneros [20%], 2) Proporción de edades [30%] 3) Nivel de educación [50%]: grado de escolaridad promedio [50%], porcentaje de profesionistas [30%], tasa de alfabetización [20%]
Desarrollo tecnológico (DT) [20%]	1) Agrícola [40%]: proporción de superficie temporal-riego [25%], tipo de riego [10%], tipo de tracción [15%], fertilización [15%], uso de semilla mejorada [15%], uso de herbicidas, [10%] Uso de insecticidas [10%] 2) Pecuario [40%]: uso de bovinos mejorados [10%], sistema de producción de bovinos [10%], tipo de sistemas de producción [20%], sanidad animal [20%], uso de suplementos alimenticios [5%], tecnología de reproducción [15%], sales minerales [5%], asistencia técnica [8%], programa de mejoramiento genético [7%], 3) Forestal [20%]: superficie reforestada [10%], manejo (herbicidas e insecticidas) [20%], aclareo [15%], selección de árboles para corte [15%], control de incendios [20%], asistencia técnica [15%], otra tecnología [5%]
Desarrollo de infraestructura agrícola, pecuaria y forestal (DIAPF) [20%]	1) Agrícola [40%]: riego [30%], instalaciones poscosecha [10%], medios de transporte [10%], centros de comercialización [10%], uso de tractor [20%], otras [20%] 2) Pecuario [40%]: galeras de ganado estabulado [30%], instalaciones para manejo de ganado bovino [30%], Instalaciones para manejo de ganado porcino [20%], instalaciones para manejo de ganado aviar [20%] 3) Forestal [20%]: presencia de instalaciones forestales (aserraderos, secadora de madera, vivero forestal, otra) [100%]

Notas: los ponderadores de cada subíndice y variables se presentan en corchete [].

Cuadro 2. Calificación de los parámetros usados para conformar los parámetros climáticos y de suelo.
Table 2. Classification of the parameters used to form climate and soil parameters.

Parámetros	Valores	Calificación	Parámetros	Valores	Calificación
Temperatura promedio (°C)	9-18 ó 28-30	2.5	Precipitación pluvial (mm)	300-500	2.5
	18-22 ó 27-28	5		500-1 000	5
	22-24 ó 26-28	7.5		1 000-1 500	7.5
	24-26	10		1 500-6 000	10
Radiación solar (MJ m ⁻² ciclo ⁻¹)	2 000-3 000	7.5	Profundidad del suelo (cm)	7-30	2.5
	3 000-4 500	10		30-50	5
				50-70	7.5
		70-320		10	
Textura (%) de arcilla, limo y arena	Arcilla, arena	3	Franco arcillo limoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso, franco arenoso		
	Arcillo limoso, arcillo arenoso y arenoso franco	6		Franco, franco limoso y limo	10
Contenido de materia orgánica (%)	0.1-2 2-4 4-40	3 7 10	pH	8.5-10.5	2
				4-5	4
				5-6	6
				6-6.5 ó 7.5-8.5	8
6.5-7.5	10				
Pendiente del terreno (%)	>30	2	3-8	8	
	15-30	4	0-3	10	
	8-15	6			

Los parámetros utilizados para las variables DE, DH, DT y DIAPF, se obtuvieron de las fuentes oficiales como SIAP (2016), INEGI (2011), CONAFOR (2016), SNIIM (2016), CONAPO (2014), CONEVAL (2014). Debido a que la información necesaria para elaborar el subíndice RN, no se encontraba disponible a nivel municipal, fue necesario estimar los parámetros, como se describe a continuación:

Los parámetros de clima se obtuvieron a partir de 335 estaciones meteorológicas de SMN. Usando el ArcGis 9.3, se ubicó el centroide del cada municipio y se identificó la estación meteorológica más cercana al cada uno de ellos. Los parámetros climáticos se consideraron a partir de las estadísticas promedio mensuales, elaboradas con los datos diarios medidos para cada estación, cabe mencionar que solo se utilizaron estaciones con información completa de más de 10 años.

Los parámetros de suelo, se obtuvieron usando la información contenida en 1 143 perfiles agrologicos reportados por INEGI. Con esta información, se creó el perfil típico para cada subclase de suelo (clasificación UNESCO-FAO) presentes en el área de estudio. Posteriormente, debido a que la distribución espacial de las subclases de suelo es independiente a la división política de los municipios, se calificó al municipio ponderando el valor de cada subclase de acuerdo a la superficie que ocupaba de este.

Soil parameters were obtained using the information contained in 1143 agrologic profiles reported by INEGI. With this information, the typical profile for each soil subclass (FAO-UNESCO classification) present in the study area was created. Subsequently, because the spatial distribution of soil subclasses is independent of municipality's political division, the municipality was rated by weighting the value of each subclass according to the surface occupied by this.

The parameters of water resource, given the limited availability of information, were obtained at scale of the hydrological region, assigning each municipality the corresponding value to the hydrologic region in which is located.

For this it was necessary to determine which hydrologic region belonged to each of the municipalities in the area studied conducting an overlapping of municipal maps from INEGI (2011) and hydrologic regions from CNA (2011), using the ArcGIS 9.3 software. Parameters used were "water available per capita" and "pressure on water resources". The first is the ratio of renewable water in hm³ year⁻¹ (total natural runoff plus the average total aquifer recharge), among the total population of the hydrologic region and the second is the ratio of concessioned volume (sum of total consumptive water use) between renewable water hm³ year⁻¹.

Los parámetros del recurso agua, dada la poca disponibilidad de información, se obtuvieron a escala de región hidrológica, asignando a cada municipio el valor correspondiente a la región hidrológica en que este se localiza.

Para esto fue necesario determinar a qué región hidrológica pertenecía cada uno de los municipios del área estudiada realizando una sobreposición de los mapas de municipios de INEGI (2011) y de regiones hidrológicas de CNA (2011), usando el software ArcGIS 9.3. Los parámetros usados fueron el “agua disponible per cápita” y la “presión sobre el recurso hídrico”. El primero es el cociente del agua renovable en $\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$ (escurrimiento natural medio total más la recarga media total de acuíferos), entre la población total de la región hidrológica y la segunda es el cociente del volumen concesionado (suma de todos los usos consuntivos del agua), entre el agua renovable en $\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$.

Una vez identificados todos los parámetros necesarios para elaborar los cinco sub índices, se les asignó una calificación, en una escala de 1 y 10. Para el caso de los sub-índices RN, DE y DH, se consideró la capacidad que tienen para coadyuvar a la producción de los sectores agrícola, pecuario y forestal y para el caso de las variables DT y DIAPF se clasificaron con la misma escala de 1 al 10 de acuerdo a la proporción en porcentaje de unidades de producción que presentaban cada uno de los elementos tecnológicos y de infraestructura correspondientes.

Posteriormente se calculó el valor de cada uno de los cinco sub índices y se estimó el valor del ICA para cada municipio usado la fórmula:

$$\text{ICA} = (\text{RN} + \text{DE} + \text{DH} + \text{DT} + \text{DIAPF}) / 50$$

Finalmente, se clasificaron los municipios de acuerdo al ICA en tres niveles: bajo: ≤ 5 ; medio: 5.1 - 6.5 y alto: ≥ 6.6 .

Resultados y discusión

De las variables consideradas en el estudio, las de mayor relación con el sector agropecuario y el cambio climático son las de recursos naturales y esto se debe porque desde que efectúa la siembra o nace una especie pecuaria, tanto las plantas como los animales están sometidas a las variaciones asincrónicas de los elementos componentes del clima y es el clima el principal factor determinante de la productividad agropecuaria (Falasca y Ulberich, 2006). Para el caso concreto de la producción agrícola y forestal el suelo provee a la planta

Once identified all the required parameters to develop the five sub-indexes, a score on a scale of 1 to 10 were assigned. In the case of sub-indices RN, DE and DH, the capacity of these to contribute to production of agricultural, livestock and forestry sectors were considered and as for variables DT and DIAPF were classified with the same score of 1 to 10 according to the proportion in percentage of production units that each of corresponding technological and infrastructure elements showed.

Then the value of each of the five sub-indices was calculated and estimated the ICA value for each municipality:

$$\text{ICA} = (\text{RN} + \text{DE} + \text{DH} + \text{DT} + \text{DIAPF}) / 50$$

Finally, municipalities were classified according to ICA into three levels: low ≤ 5 ; average: 5.1 - 6.5 and high: ≥ 6.6 .

Results and discussion

Of variables considered in the study, the ones with higher relation to agriculture and climate change sector are natural resources and this is because since planting is carried out or a livestock species born, both plants and animals are subject to asynchronous variations of the elements comprising weather and weather is the main factor of agricultural productivity (Falasca and Ulberich, 2006). For the specific case of agricultural and forestry, soil provides to the plant anchor and is their main supply of nutrients and water, reason why there is a close relationship between soil quality and agricultural and forest productivity (Lal, 2006). Crops and livestock species are highly dependent on water availability; on the one hand the biological need of plants and on the other by interaction with fundamental hydrological processes (Rockström *et al.*, 2009). Therefore these three factors were considered to form RN variable and the grade assigned in this study are presented in Tables 2 and 3, where optimal conditions reach a value of 10.

There are also socioeconomic factors that determine the ability to adapt to climate change; among these are economic development, social capital, technology and infrastructure, among others (McCarthy *et al.*, 2001). DE and distribution of goods are of great importance to agricultural productivity (Takeshima and Yamauchi, 2012; Hichaambwa and Jayne, 2014) and to improve adaptation capability to climate change (Adger *et al.*, 2007), mainly because it favors access to infrastructure and technology, that is why indicators such as gross domestic product (GDP), poverty rate and degree of

de anclaje y es su principal suministro de nutrientes y agua, por lo que existe una estrecha relación entre la calidad del suelo y la productividad agrícola y forestal (Lal, 2006). Los cultivos y especies pecuarias son altamente dependientes a la disponibilidad de agua, por un lado la necesidad biológica de las plantas y por otro por la interacción con los procesos hidrológicos fundamentales (Rockström *et al.*, 2009).

Por lo anterior se consideraron estos tres factores para conformar la variable RN, y la calificación que se le asignó en este estudio se presentan en los Cuadros 2 y 3, donde las condiciones óptimas alcanzan un valor de 10.

Cuadro 3. Calificación de los parámetros usados para conformar los parámetros relacionados con el recurso agua.
Table 3. Classification of the parameters used to form the parameters related to water resources.

Parámetros	Valores	Calificación	Parámetros	Valores	Calificación
Agua disponible per cápita (m ³ hab ⁻¹ año ⁻¹)	1 900-22 400	10	Presión sobre el recurso hídrico (%)	10-50	4
				5-10	8
				1.4-5	10

También existen factores socioeconómicos que determinan la capacidad de adaptación al cambio climático, entre estos están el desarrollo económico, el capital social, la tecnología y la infraestructura, entre otros (McCarthy *et al.*, 2001). El DE y la distribución de los bienes son de gran importancia para la productividad agrícola (Takeshima y Yamauchi, 2012; Hichaambwa y Jayne, 2014) y para mejorar la capacidad de adaptación al cambio climático (Adger *et al.*, 2007), principalmente porque propician el acceso a la infraestructura y tecnología, es por ello que indicadores como el producto interno bruto (PIB), el porcentaje de pobreza y el grado de marginación (CONAPO, 2013), que presentan un mejor comportamiento contribuirán a que las unidades de producción que se ubiquen en los municipios con mayor desarrollo económico se adaptarán mejor al cambio climático, por ello las calificaciones mayores de estos indicadores se les asignó un valor de 10 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calificación de los parámetros usados para conformar la variable desarrollo económico.
Table 4. Scoring of the parameters used to form the variable economic development.

Parámetros	Valores	Calificación	Parámetros	Valores	Calificación
Producto interno bruto (dólares año ⁻¹)	1 467-3 247	2	Grado de marginación	Muy bajo	2
	3 247-6 494	4		Bajo	4
	6 494-9 741	6		Medio	6
	9 741-12 988	8		Alto	8
	12 988-16 235	10		Muy alto	10
Pobreza (%)	80-100	2	Pobreza (%)	40-60	6
	60-80	4		20-40	8
				0-20	10

marginalization (CONAPO, 2013) present a better behavior, contributing to the production units placed in municipalities with greater economic development, which will help them to be better adapted to climate change, so the higher scores of these indicators were assigned a value of 10 (Table 4).

Regarding to social capital, to count with qualified young workforce increases productivity in the primary sector (Appleton and Balihuta, 1996) and therefore the ability to adapt to climate change (Adger *et al.*, 2004); also gender equality, is a desirable characteristic that gives societies flexibility to perform different activities and also increases the ability

to adapt to climate change (Bee *et al.*, 2013). Considering this, to form DH, it was formed with the proportion of age and gender of the population and educational level, and as in the case of natural resources and economic development, the score of 10, was assigned to the best performing indicators (Table 5).

In the agricultural, livestock and forestry sector, adaptation requires the use of appropriate practices to cope with variable and harsh environmental conditions. To adopt new agricultural practices requires access to new technologies, modify existing ones, and count with additional capacity in the field, political and scientific levels to implement such measures. Productivity increase in the primary sector of economy depends on good rural infrastructure, the proper functioning of national markets, presence of adequate institutions and access to appropriate technology (Nick *et al.*, 2004; Andersen and Shimokawa, 2007;). Infrastructure development that supports

En lo que respecta al capital social, el contar con mano de obra joven calificada aumenta la productividad del sector primario (Appleton y Balihuta, 1996) y por tanto a la capacidad para adaptarse al cambio climático (Adger *et al.*, 2004); también la equidad de género, constituye una característica deseable que le confiere a las sociedades versatilidad para desempeñar distintas actividades y que también aumenta la capacidad para adaptarse al cambio climático (Bee *et al.*, 2013). Considerando esto, para conformar el DH, se conformó con la proporción de edades y género de la población, así como el nivel educativo, y al igual que en el caso de los recursos naturales y el desarrollo económico, la calificación de 10, se asignó a los indicadores con mejor comportamiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Calificación de los parámetros usados para conformar la variable desarrollo humano.
Table 5. Scoring of the parameters used to form the human development variable.

Parámetros	Valores	Calificación
Proporción de géneros (núm. de hombres / núm. de mujeres ⁻¹)	0.61-0.71 ó 1.21- 1.4	4
	0.71-0.8 ó 1.21-1.3	6
	0.81-0.9 ó 1.10-1.2	8
	0.91-1.1	10
Proporción de edades	< 5 años	2
	> 60 años	4
	6-14 años	6
	25-59 años	8
	15-24 años	10
Grado de escolaridad promedio	1, 2, ..., 10	1, 2, ..., 10
	Profesionistas (%)	0-0.05 0.06-0.1 0.11-0.15 0.16-0.2 0.21-0.25
Tasa de alfabetización	73-80	2.5
	81-87	5
	88-94	7.5
	95-100	10

En los sectores agrícola, pecuario y forestal, la adaptación requiere el uso de prácticas adecuadas que permitan hacer frente a condiciones ambientales variables y rigurosas. Para adoptar nuevas prácticas agrícolas se requiere tener acceso a nuevas tecnologías; modificar las existentes, y contar con una capacidad adicional en el campo, la política y niveles científicos para implementar esas medidas. El aumento de la productividad del sector primario de la economía, depende de una buena infraestructura rural, el buen funcionamiento de los mercados nacionales, la presencia de instituciones adecuadas y el acceso a la tecnología apropiada (Nick *et al.*, 2004; Andersen y Shimokawa, 2007). El desarrollo de

the agricultural, livestock and forestry sectors, not only helps to increase the productivity of these, but improves the ability to distribute their products, process them and give them added value. So, the presence of public works is also a factor that increases the adaptability to climate change (Brooks *et al.*, 2005; Jacinthe and Rattan, 2006).

By analyzing and graphing ICA in the basins under study, it was found that 255 municipalities (4 196 677 ha) have low adaptive capacity, 350 municipalities (22 030 402 ha) an average adaptive capacity and 19 municipalities (2 242 134 ha) high adaptive capacity. In percentage, 40% of the area has low adaptability to climate change, 56% average capacity and only 3% has high adaptive capacity (Figure 1).

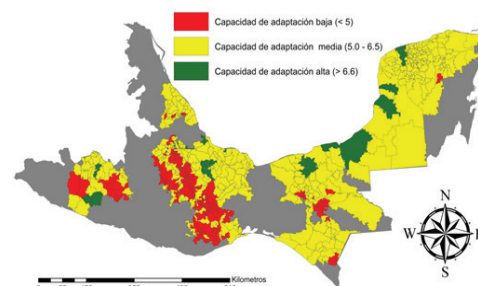


Figura 1. ICA de los municipios de ocho cuencas representativas del sur-sureste de México.

Figure 1. ICA values for the municipalities of eight representative basins from south-southeast of Mexico.

infraestructura que apoye a los sectores agrícola, pecuario y forestal, no solo contribuye a aumentar la productividad de estos, además mejora la capacidad para distribuir sus productos, procesarlos y otorgarles valor agregado. Por lo que, la presencia de obras de infraestructura, es también un factor que aumenta la capacidad de adaptación al cambio climático (Brooks *et al.*, 2005, Jacinthe and Rattan, 2006).

Al analizar y graficar el ICA en las cuencas estudiadas, se encontró que 255 municipios (4 196 677 ha) tienen una capacidad de adaptación baja, 350 municipios (22 030 402 ha) una capacidad de adaptación media y 19 municipios (2 242 134 ha) una capacidad de adaptación alta. En términos de porcentaje, 40% de la superficie tiene baja capacidad de adaptación al cambio climático, 56% capacidad media y solo 3% presentan una capacidad de adaptación alta (Figura 1).

El Cuadro 6 muestra la superficie en porcentaje y el número de municipios de cada una de las cuencas clasificada de acuerdo a su capacidad de adaptación, como se puede apreciar las cuencas de Balsas Mezcala y Papaloapan son las que presentan mayor porcentaje de superficie con capacidad de adaptación baja, Papaloapan es también la que posee un mayor número de municipios dentro de esta clase; en el extremo contrario se encuentra la cuenca de Términos donde 19% de su superficie presenta capacidad de adaptación alta, sin embargo toda esta superficie corresponde a un solo municipio.

Table 6 shows the area in percentage and number of municipalities in each classified basins according to their ability to adapt, as can be seen the Balsas Mezcala, and Papaloapan basins are those with the highest percentage of area with low adaptation ability, Papaloapan also has a greater number of municipalities within this class; at the opposite end is the basin of Términos where 19% of its surface has high adaptive capacity, however this whole area corresponds to a single municipality.

Conclusions

Most municipalities with low ICA level are in highland areas, while municipalities with a high ICA level are in extensive municipalities and large cities; this is mainly because they have a high DE, which translates into higher ICA. Since very few municipalities have a high ICA, it is suggested to take measures for the sake of increasing it and thereby address the challenges posed by climate change.

End of the English version



Cuadro 6. Superficie en porcentaje y número de municipios de cada cuenca clasificados por su capacidad de adaptación al cambio climático.

Table 6. Surface in percentage and number of municipalities in each basin classified by their ability to adapt to climate change.

Cuenca	Superficie con capacidad de adaptación baja en porcentaje (núm. de municipios)	Superficie con capacidad de adaptación media en porcentaje (núm. de municipios)	Superficie con capacidad de adaptación alta en porcentaje (núm. de municipios)	Total en ha X 1 000 (núm. de municipios)
Balsas Mezcala	36%(13)	54%(21)	10%(2)	2 665(36)
Grijalva Concordia	5%(6)	95%(22)	0%(0)	2 221(28)
Grijalva Villahermosa	6%(21)	88%(38)	6%(3)	4 549(62)
Nautla	4%(5)	96%(30)	0%(0)	982(35)
Papaloapan	31%(152)	65%(115)	4%(8)	6 087(275)
Tehuantepec	73%(55)	27%(13)	0%(0)	1 129(68)
Términos	0%(0)	81%(6)	19%(1)	4 547(7)
Yucatán	2%(3)	89%(105)	9%(5)	6 289(113)

Conclusiones

La mayoría de los municipios con nivel de ICA bajo se encuentran en lugares serranos, mientras que los municipios con un nivel alto de ICA se encuentran en municipios extensos y/o con grandes ciudades, esto se debe principalmente a que presentan un DE alto, lo que se traduce en un mayor ICA. Dado que muy pocos municipios presentan un ICA alto, se recomienda que se tomen medidas en aras de incrementarlo y con esto hacer frente a los retos que plantea el cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento otorgado para realizar el presente trabajo.

Literatura citada

- Adger, W. N.; Nigel, W. A. and Tompkins, E. L. 2004. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environ. Change*. 15:77-86
- Adger, W. N.; Agrawala, S. S.; Mirza, M. M. Q.; Conde, C.; O'Brien, K.; Pulhin, J.; Pulwarty, R.; Smit, B. and Takahashi, K. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. *In: climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Plutikof, J. P.; Van der Linden P. J. and Hanson, C. E. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 717-740 pp.
- Andersen-Pinstrup, P. and Shimokawa, S. 2007. Do poverty and poor health and nutrition increase the risk of armed conflict onset? *Food Policy*. (33):513-520
- Appleton, S. and Balihuta, A. 1996. Education and agricultural productivity: evidence from Uganda. Centre for the Study of African Economics. Oxford, U. K. 32 p.
- Barnett, J. and Saffron, O. 2010. Editorial. *Global Environmental Change*. 20:211-213.
- Bee, B.; Biermann, M. and Tschakert, P. 2013. Gender, development, and rights-based approaches: lessons for climate change adaptation and adaptive social protection. Josef Korbel School of International Development, University of Denver, USA. 98p.
- Brooks, N. and Neil, A. W. 2005. Assessing and enhancing adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research. UK. Technical Paper Number 7. 18 p.
- Burton, I.; Diringer, E. and Smith, J. 2006. Adaptation to climate change: international policy options. Pew Center on Global Climate Change. Arlington, USA. 36 p.
- Comisión Nacional del Agua (CAN). 2011. Estadísticas del agua en México, edición 2011. Coyoacán, D. F. 185 p.
- CONAFOR. 2016. Evaluación del borrador de la Iniciativa de Reducción de Emisiones. Ciudad de México. 354 p.
- CONAPO. 2014. La situación demográfica de México 2014. Ciudad de México. 267 p.
- CONEVAL. 2014. Resultados de la medición de pobreza 2014. Ciudad de México. 30 p.
- Easterling, W. E.; Aggarwal, P. K.; Batima, P.; Brander, K. M.; Erda, L.; Howden, S. M.; Kirilenko, A.; Morton, J.; Soussana, J. F.; Schmidhuber J. and Tubiell, F. N. 2007. Food, fibre and forest products. *In: Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Plutikof, J. P.; Van der Linden P. J. and Hanson, C. E. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 273-313 p.
- Engle, N. L. 2011. Adaptive capacity and its assessment. *Global Environ. Change*. 21:647-656.
- Falasca, S. and Ulberich, A. 2006. Cultivos alternativos para la producción de biocombustible en el área semiárida Argentina. *Rev. Geog.* (140):135-150.
- Hichaambwa, M. and Jayne, T. S. 2014. Poverty reduction potential of increasing smallholder access to land. Indaba Agricultural Policy Research Institute. Working Paper No. 83. Lusaka, Zambia. 33 p.
- INEGI. 2011. Anuario estadístico de los estados unidos mexicanos, Edición 2011. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. 55 p.
- INEGI. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. 547 p.
- Jacinthe, P. and Rattan, L. 2006. Erosion and carbon dioxide. *Encyclopedia of Soil Science*. 2ª Edición. USA. 468-472 pp.
- Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degrad. & Dev*. 17:197-209.
- McCarthy, J. J.; Canziani, O. F.; Leary, N. A.; Dokken, D. and Kasey, S. W. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U. K. 75 p.
- Meehl, G. A.; Stocker, T. F.; Collins, W. D.; Friedlingstein, P.; Gaye, A. T.; Gregory, J. M.; Kitoh, A.; Kanutti, R.; Murphy, J. M.; Noda, A.; Raper, S. C. B.; Watterson, I. G.; Weaver, A. J. and Zhao, A. C. 2007. Global climate projections. *In: Climate Change 2007. The Physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S. D.; Qin, M.; Manning, Z.; Chen, M.; Marquis, K. B.; Averyt, M. Tignor and Miller, H. L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 747-845 pp.
- Nick, B.; Neil, A. N. and Mick, K. P. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environ. Change* (15):151-163.

- Nyong, A.; Adesina, F. and Osman, E. 2007. The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitig Adapt Strategies Glob Chang.* (12):787-797.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin, F. S.; Lambin, E. F.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H. J.; Nykvist, B.; de Wit, C. A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P. K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R. W.; Fabry, V. J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P. and Foley, J. A. 2009: a safe operating space for humanity. *Nature.* (461):472-475
- SIAP. 2015. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx/SIACON>.
- Smit, B. and Pilifosova, O. 2007. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. *In: Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Plutikof, J. P.; Van der Linden, P. J. and Hanson, C. E. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 877-912 pp.
- SNIIM. 2016. Mapa del sitio web del SNIIM. <http://www.economia-sniim.gob.mx/>.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Alley R., B.; Berntsen, T.; Bindoff N., L.; Chen, Z.; Chidthaisong, A.; Gregory, J. M.; Hegerl G., C.; Heimann, M.; Hewitson, B.; Hoskins, B. J.; Joos, F.; Jouzel, J.; Kattsov, V.; Lohmann, U.; Matsuno, T.; Molina, M.; Nicholls, N.; Overpeck, J.; Raga, G.; Ramaswamy, V.; Ren, J.; Rusticucci, M.; Somerville, R.; Stocker T., F.; Whetton, P.; Wood R. A. and Wratt, D. 2007. Technical summary. *In: Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z. Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M. and Miller, H. L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 19-91 pp.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Marquis, M.; Averyt, K.; Tignor, M.; Miller, H. and Chen, Z. *Climate Change 2007: the physical science basis.* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 9 p.
- Takeshima, H. and Yamauchi, F. 2012. Risks and farmers' investment in productive assets in Nigeria. *Agric. Econ.* 42(2):143-153.
- Tol, R. 2009. The economic effects of climate. *J. Econ. Perspec.* 23(2):29-51.
- Yohe, G. W. and Tol, R. 2002. Indicators for social and economic coping capacity- moving towards a working definition of adaptive capacity. *Global Environ. Change.* 12(1):25-40.