

Impacto del cambio climático en la agricultura de Venezuela

María Teresa Martelo*

Departamento Ingeniería Hidrometeorológica, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela

RESUMEN

La variabilidad climática natural origina riesgos para las actividades socioeconómicas; el cambio climático puede entenderse como un incremento de la variabilidad natural, así que los riesgos aumentarán. En la agricultura son afectados los seres vivos, la oportunidad de realizar labores, y la agricultura regada depende de embalses y pozos cuya capacidad también alterará el cambio climático. El sector agrícola emitió 17,2% del total nacional de gases de efecto invernadero en 1999 (28% del CH₄ y 96% del N₂O). El clima futuro más plausible para el país es más seco y cálido que el actual; algunos impactos son: (a) Mayor riesgo de sequías e incendios forestales; (b) El área bajo riesgo de desertificación crecería del 39% actual a un 47% en 2060; (c) Por el incremento en la *intensidad* de la lluvia, aumenta el riesgo de inundaciones repentinas y deslaves en zonas montañosas, y disminuirá su efectividad agrícola (menor infiltración); (e) Por el aumento de eventos ENOS en sus fases cálida (Niño) y fría (Niña), sus respectivos impactos (déficit de lluvia El Niño, excesos La Niña) serán a su vez más frecuentes e intensos; (f) La capacidad de recuperación estacional de los embalses disminuirá, aumentando los conflictos por uso del agua, y disminuirá la calidad del agua; (g) Café (Táchira), Caña (Yaracuy) y Musáceas (Zulia) pasarían a marginalmente aptos, y la producción de pollos y cerdos disminuirá.

Palabras clave: cambio climático; agricultura; Venezuela.

Impact of climate change on agriculture in Venezuela

ABSTRACT

The natural climate variability cause risks for the socioeconomic activities; climate change can be understood as an increase in natural variability, so the risks will increase. In the agricultural sector are affected plants and animals, the opportuni-

*Autor de correspondencia: María Teresa Martelo

E-mail: mariateresa.martelo@gmail.com

ty for the agricultural labors, and the irrigated agriculture depends on reservoirs and wells, whose capacity will also be altered by climate change. The agricultural sector emitted 17,2% of total national emissions of greenhouse gases in 1999 (28% of CH₄ and 96% of N₂O). The most plausible future climate for the country is more dry and warm than the actual; some impacts are: (a) Increased risk of drought and wild fires; (b) The area under desertification risk will increase from actual 39% to near 47% in 2060; (c) Due to the increase in the rain intensity, it will increase the risks of flash floods and landslides in mountainous areas, and it will decrease its agricultural effectiveness (less infiltration); (d) Due to the increase in the occurrence of ENOS events, in its warm and cold phases (El Niño and La Niña), its respective impacts (less rain El Niño, excessive rain La Niña) will be in turn more frequent and intense; (e) The seasonal recovery capacity of reservoirs will decrease, increasing the conflicts between water users, and will decrease water quality; (f) Crops such as Coffee (Táchira), Sugar Cane (Yaracuy) and Musaceae (Zulia) will become marginally suitable in that areas, and chicken and pigs productivity will decrease.

Key words: climate change; agriculture; Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Una de las características esenciales del *Socioecosistema* es la interacción entre los sistemas biofísicos, y entre éstos y los sistemas sociales, para amplificar o atenuar sus efectos; el tiempo y el clima están entre los mayores condicionantes en el Socioecosistema (Figura 1).

El sector agrícola no sólo sufre los impactos de la variabilidad y el cambio climático, es al mismo tiempo importante fuente de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), de varios óxidos de nitrógeno (NO_x) precursores de gases de efecto invernadero (GEI), y reduce el área de sumideros de CO₂ vía deforestación. Para el año 1999, las emisiones agrícolas de GEI representaron casi 17% del total nacional de emisiones, siendo el promedio mundial 14% (MARN, 2005).

El Tiempo Atmosférico es el principal condicionante para realizar labores agrícolas y para procesos biológicos en lapsos de horas a pocos días, como aparición de plagas. Por su parte, el Clima establece el marco general de patrones diarios y anuales así como el nivel general de variabilidad de los diversos elementos climáticos (radiación, humedad, temperatura, precipitación, viento), lo cual determina la biodiversidad que puede vivir bajo esas condiciones, la distribución anual de las etapas de crecimiento y desarrollo de los organismos, y las épocas adecuadas para organizar el sistema de producción.

Si la norma es la variabilidad climática, entonces la productividad agrícola, la disponibilidad de agua y el nivel de riesgo ambiental son también variables; la variabilidad climática provoca cambios significativos en las respuestas de los sistemas biofísicos y socioeconómicos, es decir, la variabilidad climática es la causa

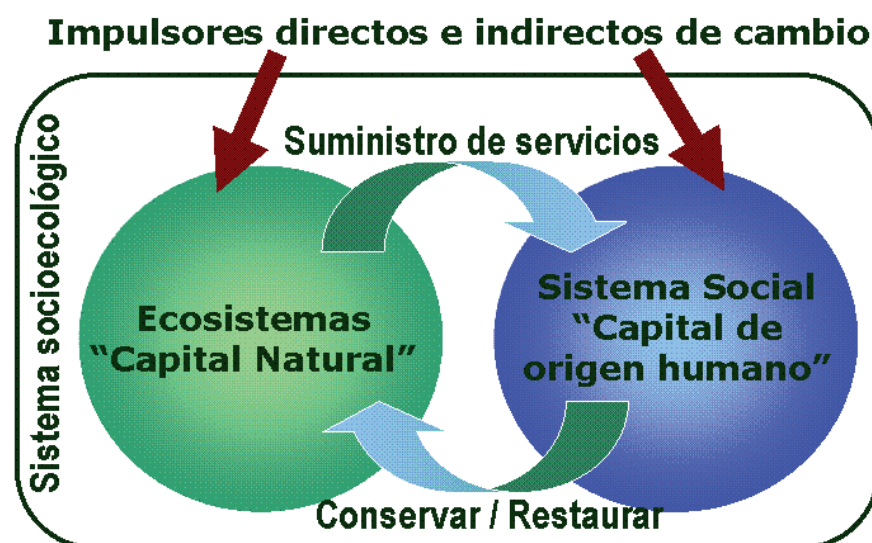


Figura 1. El Socioecosistema (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006).

fundamental del riesgo, y el cambio climático está incrementando el grado natural de variabilidad. Pero además del cambio climático, debe considerarse el Cambio Global, conjunto de cambios ambientales inducidos por el hombre, que incluye a las actividades locales pero que tienen capacidad para afectar a los procesos de funcionamiento del Socioecosistema (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006), y cuyas cinco causas principales son: Contaminación; Alteración del hábitat; Especies invasoras; Sobreexplotación y Cambio Climático. Los problemas de contaminación, alteración del hábitat y sobreexplotación generados por la agricultura tienen la potencialidad de incrementar los impactos del cambio climático, y por otra parte, de aumentar la vulnerabilidad de una zona, haciéndola más sensible incluso a la variabilidad natural del clima.

En cambio climático, vulnerabilidad se refiere al efecto residual sobre un sistema, que no puede ser evitado, una vez que se han tomado las medidas de adaptación. Los países más pobres son más vulnerables, precisamente porque tienen menor capacidad de adaptación, es decir, de poder implantar eficazmente medidas que disminuyan los impactos negativos del cambio climático. Las relaciones entre la actividad agrícola y el clima son muy estrechas (Cuadro 1).

Con mayor temperatura pueden aumentar las zonas donde la materia orgánica se mineraliza en vez de descomponerse, y las lluvias más intensas aumentarán la tasa de lixiviación, disminuyendo en ambos casos la fertilidad del suelo; éste secuestra carbono vía sus microorganismos, y con mayor temperatura aumentarán sus pérdidas respiratorias, reduciendo su capacidad de secuestrar carbono,

Cuadro 1. Relaciones generales clima – agricultura.

Elemento climático	Procesos Físicos/Actividades	Influencia en el sector agrícola
Insolación	. Confort animal	. Productividad de carne, leche, huevos
	. Planta heliófilas	. Mayor productividad
	. Calentamiento de superficie	. Diseño de galpones, vaqueras, etc.
	. Acumulación de grados-día	. Crecimiento vegetal y animal
Temperatura	. Confort animal	. Productividad de carne, leche, huevos
	. Desarrollo de plagas	. Reducción de rendimientos
	. Acumulación de azúcares	. Calidad vegetal
Amplitud térmica diaria	. Enfriamiento confort animal	. Productividad de carne, leche, huevos
	. Confort animal	. Productividad de carne, leche, huevos
	. Desarrollo de plagas	. Reducción de rendimientos
Humedad	. Disponibilidad de agua	. Demanda de agua, lámina de riego
	. Enfriamiento confort animal	. Productividad de carne, leche, huevos
Evaporación	. Enfriamiento de superficies	. Diseño de galpones, vaquera, etc.
	. Disponibilidad de agua	. Demanda de agua, lámina de riego
Precipitación	. Disponibilidad de agua	. Demanda de agua, lámina de riego
	. Días seguidos secos/lluviosos	. Oportunidad de labores; veranitos
	. Estacionalidad	. Calendario agrícolas
	. Infiltración	. Almacenamiento de agua en suelo
	. Erosión	. Pérdida de suelo

especialmente en los suelos de sabana. Son posibles incrementos locales de la vegetación a través de fertilización directa por CO_2 . El secuestro y reciclado del carbono en ecosistemas terrestres es una vulnerabilidad clave, dada su extensión global, su irreversibilidad potencial y la existencia de efectos de umbral (IPCC, 2007).

Con menor caudal (Figura 2) y/o agua más caliente disminuye la capacidad de autodepuración de los ríos, al reducirse la cantidad de oxígeno que puede ser disuelto. Lluvias más intensas arrastran más nutrientes nitrogenados, que junto al agua más caliente provocan crecimiento explosivo de vegetación, pudiendo volver anóxicos los cuerpos de agua, empeorando la calidad de agua de riego, lo que conlleva a pérdidas económicas.

Los sistemas ecológicos tienen muchos procesos no lineales que los hacen vulnerables a cambios repentinos o a los efectos de umbral. Las temperaturas mínimas elevadas aumentan la respiración nocturna disminuyendo la asimilación neta y acortando las fases fenológicas, pero al sobrepasar cierto umbral éstas comienzan a alargarse, pudiendo inhibir la floración; el Instituto Internacional de Investigación del Arroz considera que 1°C de aumento en áreas tropicales disminuiría las cosechas de arroz, trigo y maíz de 10% a 30% en los próximos 50 años, por inhibición de la floración (IPCC, 2007).

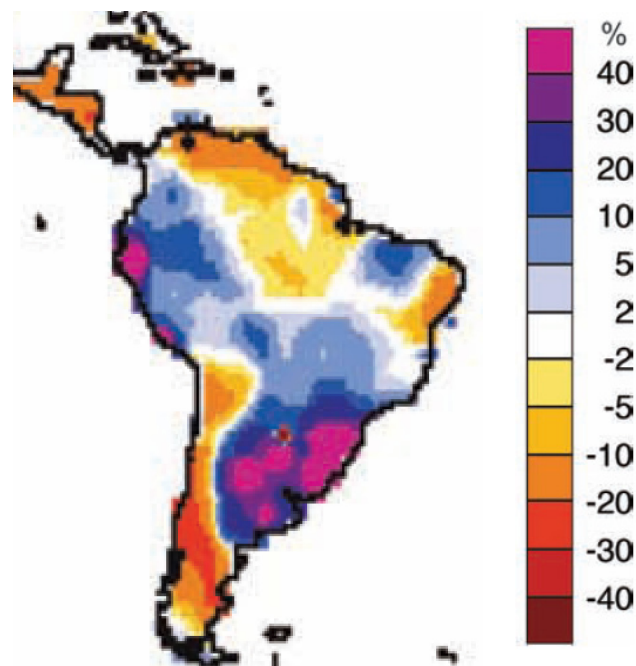


Figura 2. Cambios estimados en la escorrentía anual en Sudamérica a finales de siglo (IPCC, 2007).

Las condiciones climáticas del país ya han sido alteradas por el cambio climático, y en consecuencia, ya han comenzado a producirse impactos en el sector agrícola. Los principales hechos *observados*, según diversos estudios (Cárdenas y Alonso, 2003; Cárdenas y De Grazy, 2003; Lisboa y Martelo, 2003), son: (a) Los totales de lluvia anual y de la época lluviosa disminuyeron en casi todo el país, entre 3% y 20%, siendo estadísticamente significativos en las regiones central y occidental. El total de lluvia de la época seca disminuyó en algunas zonas y, por el contrario aumentó en noroccidente y algunas zonas de la Cordillera de la Costa; (b) En general los mediodías se han vuelto ligeramente más frescos (tasa de cambio de la Temperatura Máxima Media de $-0,18\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ años), quizá por un aumento en la nubosidad; en las ciudades este efecto ha sido sobrecompensado por el efecto de “isla de calor”, por lo que en ellas los mediodías también se han hecho más calientes. Las madrugadas se han hecho mucho más calientes (tasa de cambio de la Temperatura Mínima Media de $+0,37\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ años).

Vulnerabilidad actual del sector agrícola frente al clima

En muchos casos, las actividades agrícolas en Venezuela presentan alta vulnerabilidad por ubicarse en regiones y/o ser realizadas en momentos cuyas condiciones climáticas no son las más adecuadas para los procesos biológicos, o para manipular el suelo, de modo que se reduce la productividad del organismo, o se degrada la tierra. Por otro lado, para un mismo nivel de amenaza dado por la variabilidad climática, una región será más vulnerable que otra según las características sociotecnológicas bajo las que se desarrolla la producción.

Según una serie de estudios agroclimáticos (Martelo, 1993; Osorio y Urbina, 1993; Sáez, 1993; Osorio, 1994; Sáez y Durán, 1994; Vivas y Martelo, 1994; Vivas *et al.*, 1995; Sáez, 1995; Urbina, 1997; Hernández, 1999; Rodríguez, 2004), Venezuela presenta los nueve (9) tipos climáticos de Thornthwaite, lo que implica gran potencialidad para situar diferentes rubros agrícolas, pero el ciclo de los cultivos anuales es menor que el Período de Crecimiento a partir de los climas Subhúmedos húmedos, lo que crea una situación de degradación de tierras por manejo de suelos muy húmedos. Una alta proporción de la agricultura y la producción animal se encuentra bajo climas Subhúmedos secos y Semiáridos, lo que las hace más vulnerables. La intensidad de la lluvia es muy alta, de modo que es poco efectiva agrícolamente. Las Fechas de Inicio del Período de Crecimiento ($P > \frac{1}{2} ETo$) varían de inicios de abril en los Llanos Occidentales a inicios de junio en zonas de la Cuenca de Unare. El Período Húmedo ($P > ETo$) se inicia en los Llanos Occidentales a finales de abril, y en los Orientales a finales de junio. La diferencia en días entre esas dos Fechas equivale a la época de siembra, varía de menos de 10 días en zonas de los Llanos Occidentales a más de 40 en algunas zonas de los Orientales. En los Llanos Occidentales el Período Húmedo es casi tan largo como el de Crecimiento, lo implica que la cosecha se realiza en condiciones de humedad que provocan compactación y formación de piso de arado. En los Llanos Orientales, en el 75 % de los años la duración del Período Húmedo es muy pequeña, y hay zonas donde no se presenta ni siquiera

la mitad de los años. La muy irregular distribución diaria de la precipitación implica altos riesgos de veranitos en los Llanos Centrales y Orientales, pero da la ventana para realizar labores durante las seguidillas de días secos dentro de la época lluviosa.

Después del ciclo anual, la mayor influencia sobre la precipitación la ejerce el evento El Niño–Oscilación del Sur (ENOS), tanto en su fase cálida (El Niño) como en su fase fría (La Niña); en Venezuela, El Niño tiende a reducir la lluvia y La Niña a aumentarla (Cárdenas *et al.*, 2002; Cárdenas *et al.*, 2003), con diferencias espaciales: de diciembre a marzo afecta casi todo el país; de abril a junio no se diferencia su impacto respecto a la variabilidad natural; de julio a octubre de nuevo afecta a todo el país, excepto Falcón y Cordillera de la Costa; en noviembre sólo afecta Amazonas. El ENOS se ve a su vez afectado por la Oscilación Quasi–Bianual (QBO), que es el cambio de dirección y velocidad del viento en la Estratosfera, de 15 a 32 km de altura (Cuadro 2).

Temperaturas nocturnas mayores a 21 °C ya son poco confortables para los animales, y excepto en zonas altas, las mínimas medias son superiores a 22 °C. Las temperaturas máximas son elevadas, sobrepasando los 32 °C e incluso los 34 °C, por lo que a primeras horas de la tarde la situación no sólo es inconfortable, sino peligrosa. Martelo (2000) encontró para maíz en Yaracuy correlaciones *positivas* entre la duración de la floración masculina y femenina, y las temperaturas mínimas acumuladas durante esos lapsos (Figura 3), lo que coincide con lo expresado anteriormente por el Instituto Internacional de Investigación del Arroz.

Del total nacional de superficie cultivada, 94,3% es agricultura de secano y 5,7% bajo riego. Esta última sufre problemas de: subutilización y deterioro de la infraestructura física de los sistemas públicos; insuficiente organización de los usuarios; bajos niveles de producción y productividad. En el país hay 1.187 sistemas que irrigan 392 077 ha; de ellos, 33 son grandes sistemas que irrigan 224 259 ha. Los pequeños sistemas irrigan 167 818 ha, (MARN, s/f), y el volumen de agua proveniente de pozos es casi el triple que el proveniente de embalses.

En muchos casos, las áreas actualmente ocupadas por ciertos cultivos no son las más adecuadas desde el punto de vista de conservación de tierras, ya que las áreas sin limitaciones para agricultura ocupan sólo el 2% del país, teniendo limitaciones de relieve el 44%, de baja fertilidad el 32%, de mal drenaje el 18% y de aridez el 4% (Rodríguez y Rey, 2003, citado por Ovalles *et al.*, 2005). Excepto la zona en el límite Portuguesa–Cojedes, todas las demás áreas de uso actual agrícola se encuentran en zonas con limitaciones más o menos severas por drenaje, fertilidad y relieve; en las zonas de riego se suma la fragilidad debida a la salinización. Según Ovalles *et al.* (2005), en los sistemas de producción vegetal predomina el monocultivo con poca diversidad genética, gran vulnerabilidad a plagas y enfermedades, y deficiente manejo que contribuye a la degradación y contaminación de suelos y aguas, especialmente los cultivos anuales mecanizados. En ganadería bovina, el sistema de producción extensivo presenta baja eficiencia productiva y reproductiva, casi inexistente manejo sanitario y alta mortalidad;

Cuadro 2. Tipo de influencia pura de la QBO, El Niño y la Niña sobre la lluvia en Venezuela, y efectos de la QBO sobre El Niño y La Niña

Efecto puro del ENSO y la QBO en la lluvia.	QBO alta velocidad del Oeste = excesos	QBO baja velocidad en cualquier dirección = déficit	QBO alta velocidad del Este = Sin influencia.
NIÑO = Déficit	Déficit "normal" producido por el Niño, es decir, no se nota efecto de la QBO.	Efecto marcado de la QBO. Se incrementa mucho el déficit "normal" producido por el Niño.	—
NIÑA = Exceso	Efecto marcado de la QBO. Casi duplica el exceso "normal" producido por la Niña.	Disminuye mucho el exceso "normal" producido por la Niña. En Cordillera de la Costa el efecto es tan marcado que puede incluso cambiar de signo, y presentar déficit.	Igual que el de la QBO baja. Se ignora el porqué, dado el mínimo efecto directo de esta condición de la QBO sobre la lluvia.

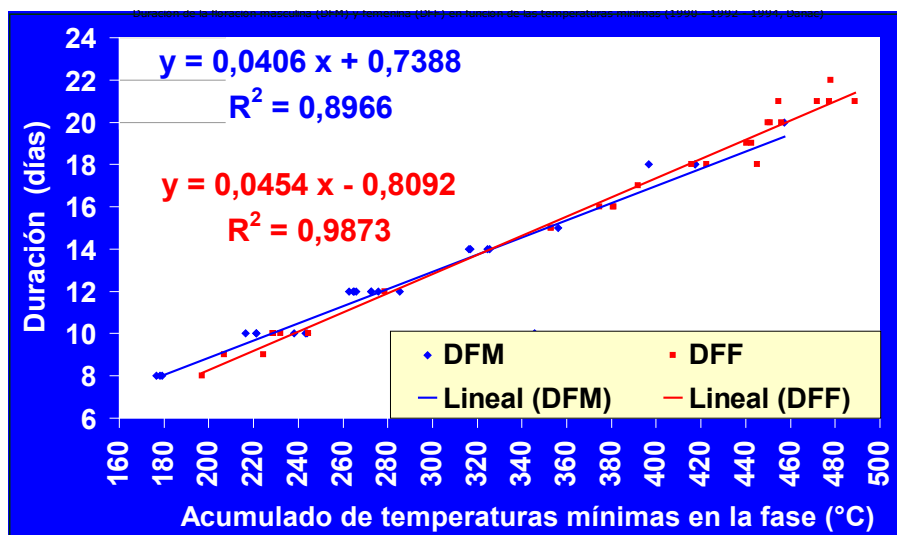


Figura 3. Duración de la floración masculina (DFM) y femenina (DFF) en función de la temperatura mínima (1990-1992-1994, ensayos en Fundación Danac) (Martelo, 2000).

el doble propósito tiene baja productividad, tiende a colonizar nuevas tierras, y es común la escasez de recursos en las fincas (pocas instalaciones, animales de diferente nivel productivo, alimentación y manejo pobres).

Escenarios climáticos futuros e impactos plausibles en el sector agrícola

Para trabajar en cambio climático se establecen Escenarios bajo los cuales se corren modelos climáticos para simular un abanico de posibles comportamientos futuros del clima, considerando la incertidumbre; si varios modelos corridos bajo escenarios diferentes apuntan en la misma dirección la incertidumbre disminuye. La Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático (MARN, 2005) usó dos modelos climáticos (UKTR y CCC-EQ), un Escenario Climático Intermedio (Escenario de Emisión de GEI SRES-A2 y Sensitividad Climática Media), y tres lapsos futuros centrados en 2020, 2040 y 2060. La precipitación variaría de -5% en 2020 a -25% en 2060, y la temperatura de +0,3 °C en 2020 a +3,5 °C en 2060. Aún no puede decidirse cuál modelo representa mejor el futuro, pero ayudan a definir estrategias de adaptación; donde coincidan es más confiable el tipo de medida a tomar, y donde difieran, deben ser más flexibles.

La temperatura media anual hoy sobrepasa 28 °C sólo en pocos lugares del país, como Maracaibo, pero para el 2060 será el valor más común en casi todos los Llanos (Figura 4). El problema es que ya hoy las temperaturas son altas, así que incluso pequeños incrementos hacen probable que se sobrepasen valores umbrales, cuyos efectos e implicaciones para el desarrollo sostenible pueden ser más graves que los del régimen hídrico. En la Figura 5 se esquematizan algunos cambios en procesos biológicos y aspectos agrícolas, consecuencia del cambio climático. La simulación de rendimientos para maíz, arroz y caraota indica reducciones para maíz y arroz de 6% a 12%, y para caraota de 8% a 43% (Puche *et al.*, 2005), Figura 6. El aumento de la temperatura mínima parece ser el factor principal en la reducción de rendimientos, mientras que los factores hídricos tendrían poco efecto, ya que la caraota se simuló como un cultivo regado.

Para el THI de madrugada, el más importante ya que permite a los animales recuperarse del estrés térmico diurno, según Córcega (2006), se pasará de las condiciones actuales de confort a disconfort leve (Alerta) y en algunos meses en los Llanos incluso a disconfort fuerte (Peligro). El THI máximo indica que ya hoy día las condiciones varían de Alerta a Peligro y Emergencia; desde el 2020 aumentará el número de meses con condición de Emergencia.

Con relación a la lluvia, los modelos presentan las mayores diferencias espaciales al norte, y las mayores diferencias temporales en el trimestre marzo-mayo. Ambos modelos señalan un futuro más seco de junio a febrero de los Andes al norte de Bolívar, en el extremo sur de Bolívar y extremo norte de Zulia. En la zona norte-costera según el UKTR lloverá menos y según el CCC-EQ lloverá

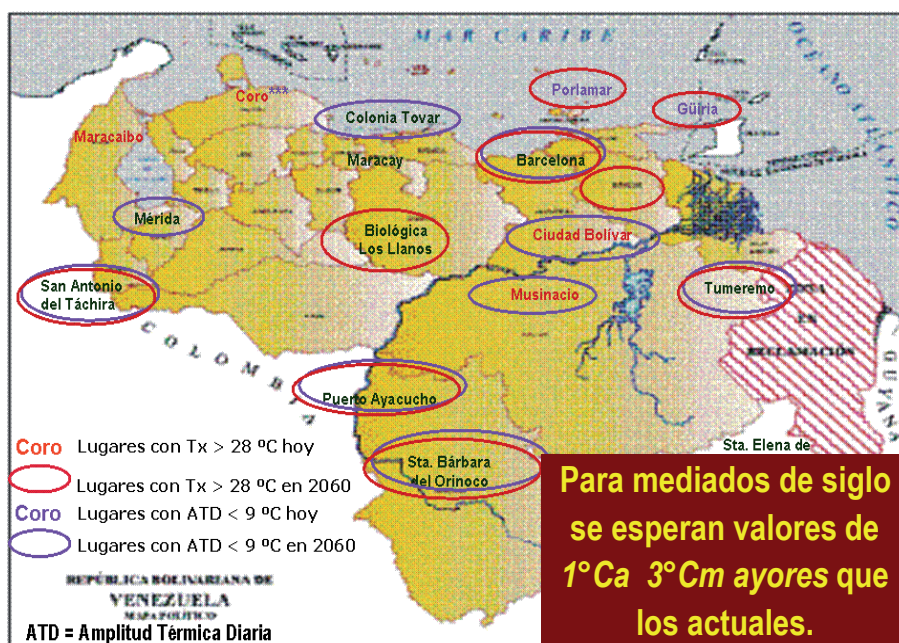


Figura 4. Esquematación de las temperaturas y amplitudes térmicas diarias (ATD) actuales y futuras (con base a MARN, 2005).

- Potencial agrícola todo el año
- Tasa de respiración nocturna ↑
- Acumulación neta de materia seca ↓
- Mineralización de materia orgánica ↑
- Acumulación de Grados-Día ↑
- Problemas de Confort térmico ↑
- Plagas y Enfermedades ↑ ↓

Figura 5. Esquematación del impacto del cambio climático en varios procesos biológicos y aspectos agrícolas condicionados por la temperatura. Rojo implica aumento a futuro, azul disminución a futuro, y negro sin cambios a futuro.

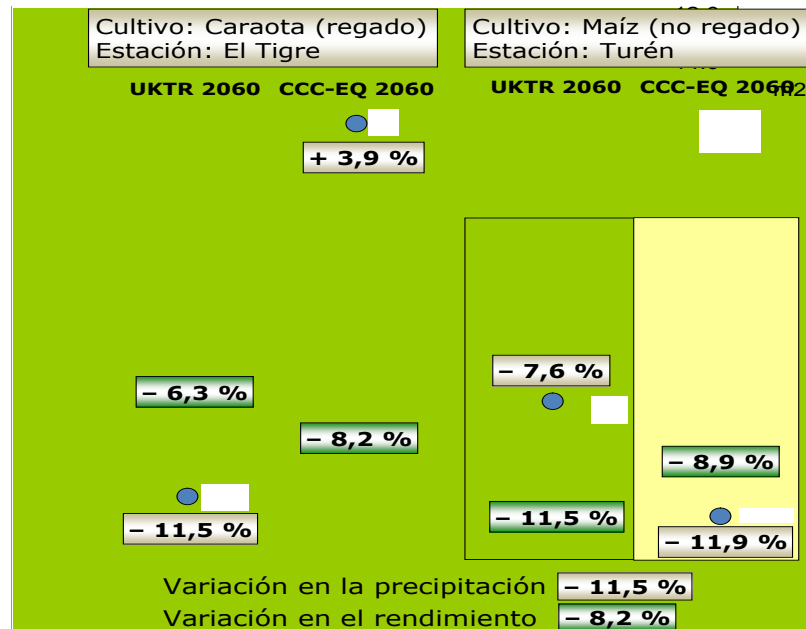


Figura 6. Variaciones porcentuales en la producción y la precipitación para 2060, según dos modelos climáticos, en un cultivo regado y otro no regado (Puche *et al.*, 2005).

ligeramente más. Ambos modelos simulan menos lluvia al sur, lo que podría cambiar el ecosistema de selva tropical. El trimestre jun–ago es el más lluvioso al sur, centro y oriente del país, pero es de menos lluvia en occidente; ambos modelos simulan menos lluvia para este trimestre, excepto en la costa central y oriental, donde CCC–EQ señala un ligero aumento (< 7% en 2060); menos lluvia en este trimestre puede cambiar zonas Subhúmedas Secas a Semiáridas, y tener impactos negativos en embalses, agricultura de secano y ganadería (Figura 7).

Algunos cambios en aspectos agrícolas e hidrológicos, consecuencia del cambio climático en la precipitación, se esquematizan en la Figura 8.

La disminución de la lluvia y/o el incremento de frecuencia de sequías (no son equivalentes) disminuirán los caudales de ríos y la capacidad de recarga de los acuíferos. Por otro lado, la lluvia más intensa cambiará la respuesta hidrológica de las cuencas en aspectos como la relación infiltración/escorrentía y el tiempo de escurrimiento, con lo cual pueden incrementarse las inundaciones repentinas, y el grado de percolación, y por ende, la recarga de acuíferos.

La Evapotranspiración de Referencia (ET_o) se incrementará, aumentando la demanda de agua de los cultivos (MARN, 2005); las consecuencias combinadas del aumento de ET_o y disminución de la lluvia incluyen: (a) el área bajo

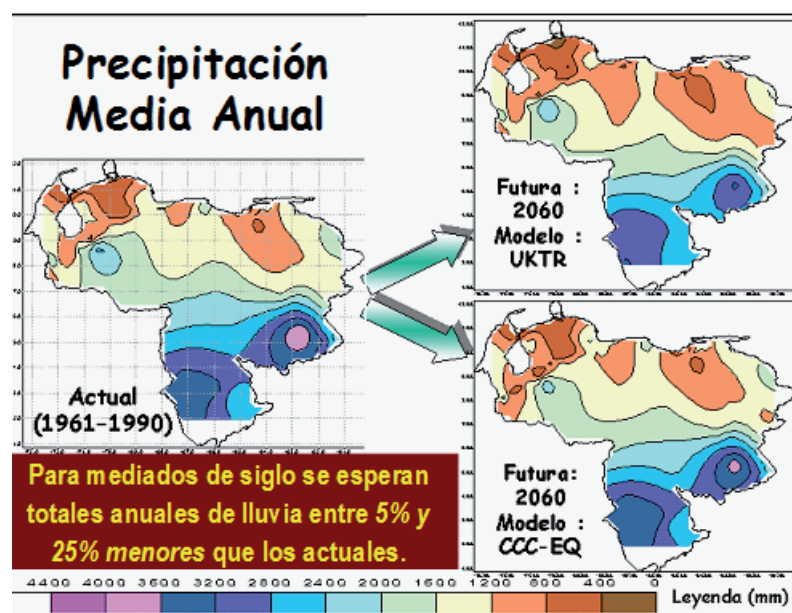


Figura 7. Esquematación de las precipitaciones medias anuales actuales y futuras (con base a MARN, 2005).

- Potencial agrícola estacional
- Disponibilidad hídrica ↓
- Incendios en época seca ↑
- Infiltración ↓, Erosión ↑
- Veranitos/Aguachinamientos ↑
- Variabilidad inicio lluvias ↑
- Variabilidad duración labores ↑
- Demanda de riego ↑
- Daños al suelo ↑
- Crecientes torrenciales ↑

Figura 8. Esquematación del impacto del cambio climático en varios aspectos agrícolas e hidrológicos condicionados por la precipitación. Rojo implica aumento a futuro, azul disminución a futuro, y negro sin cambios a futuro.

climas Áridos, Semiáridos y Subhúmedos Secos aumentaría del 39% actual a un 47% hacia 2060; (b) el área con menos de 4 meses húmedos (MH), no adecuada para cultivos sin riego, ocupa hoy casi 10% del país, en 2060 ocuparía del 15% al 17%, y la superficie con 6–8 MH disminuirá del 50% actual a un 36%. Según Ovalles *et al.* (2005), disminuiría la duración promedio de los Períodos de Crecimiento y Húmedo, sin afectar a los cultivos de ciclo corto pero sí a los de ciclo largo.

Según CIDIAT (2005), en las cuencas del Pao, el Guárico y el Tocuyo ambos modelos señalan menores caudales futuros. Esas cuencas concentran los embalses Pao Cachinche, Pao La Balsa, Calabozo, Camatagua, Dos Cerritos y Atarigua: el agua para Maracay, Valencia, Caracas y Barquisimeto, el riego de la principal zona arrocería y parte de la zona cañera en occidente. El rendimiento de embalses y su operación cambiarán en algunas zonas del país, desmejorando el suministro de agua. En el acuífero del río Motatán los modelos simulan recargas opuestas, y para el de Quíbor ambos modelos señalan una recarga futura menor; la variación en la recarga de los acuíferos asociada a sequías más frecuentes puede favorecer la sobreexplotación con posibles efectos a largo plazo. La menor calidad aumentará el costo de tratamiento y/o inhabilitará su uso.

Con relación a los sistemas de producción, crecerá significativamente el área con déficit hídrico, siendo en general baja la capacidad de adaptación (CA) actual (Ovalles *et al.*, 2005): (a) Zona Oriental: de 4 600 000 ha a 9 000 000 ha; 46% de los sistemas tienen baja CA, 36% media a baja y 18% media; sistemas afectados: cacao, coco, café, caña, palma africana, cítricos, hortalizas, yuca, pastos–ganadería, pinos y agricultura de subsistencia; los usos cacao, coco, palma, yuca y pastos quedarían en áreas marginales, necesitando riego complementario; (b) Zona Centro–Occidental: de 1 000 000 ha a 4 700 000 ha; 41% de los sistemas tienen baja CA, 14% media a baja y 45% media; sistemas afectados: cacao, cítricos, maíz, sorgo, arroz, hortalizas, pastos–ganadería, leguminosas, palma africana, caña y agricultura de subsistencia; los usos palma africana y caña en Yáracuy son los más afectados; otros cultivos permanentes, maíz en los valles altos de Yáracuy y pastos–ganadería tendrán moderada afectación; (c) Zona Occidental: de 3 700 000 ha a 4 500 000 ha; 27% de los sistemas tienen baja CA, 33% media a baja y 40% media; sistemas afectados: plátano, palma africana, cacao, café, musáceas, maíz, papa, hortalizas, pastos–ganadería y plantaciones forestales; cacao al sur de Lago, plátano, café en Táchira y palma aceitera pasarían a ser marginales.

Todo esto levanta una serie de preguntas que deben responderse para afrontar el cambio climático en el sector agrícola: 1). ¿Los sistemas de producción actuales pueden mantenerse con los niveles futuros de disponibilidad de agua? Si pueden, ¿se mantendrían los rendimientos, y seguirían siendo económicamente rentables? Si no pueden, ¿de donde saldría el agua que falta? 2). ¿Qué proporción de alimentos proviene de agricultura de secano en zonas donde disminuirán los meses húmedos? ¿Cuánto costarían los sistemas para cubrir la nueva

demanda? ¿De donde saldría el agua que falta? 3). ¿Cuánto se incrementarían las pérdidas agrícolas y enfermedades animales por aumento de vectores transmisores? 4). ¿Cómo garantizaremos la seguridad alimentaria?

CONCLUSIONES

- a. El sector agrícola de Venezuela es ya hoy día muy vulnerable a la variabilidad climática natural, y el cambio climático incrementará significativamente los riesgos
- b. El sector agrícola debe discutir medidas de adaptación y de mitigación que sean sinérgicas con aquellas que se toman para disminuir los otros impactos ambientales de la agricultura (contaminación, sobreexplotación, alteración de hábitat)
- c. Investigaciones en agricultura y cambio climático deberían incluir entre otros temas: Umbrales térmicos en el país para los principales cultivos, animales y tipos de plagas; Desarrollo de híbridos y variedades adaptadas a las nuevas condiciones agroecológicas; Disminución de la producción animal por estrés térmico; Impacto de los cambios de temperatura y humedad en postcosecha; Impacto de los cambios en la precipitación sobre los pastos; Impacto económico de la disminución de la productividad; Escenarios de costos de medidas de adaptación; Desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de agua de lluvia, aumento del agua disponible y conservación de la humedad del suelo.

REFERENCIAS

- Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. (2006). Colección Divulgación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.
- Cárdenas, P.; C. Gil y L. García. 2002. Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) en Venezuela. Parte I. Corporación Andina de Fomento, CAF. Caracas, Venezuela.
- Cárdenas, P.; R. Alonso. 2003. Variaciones de la Temperatura del Aire en Venezuela. Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31. Caracas, Venezuela.
- Cárdenas, P.; E. De Grazy. 2003. Tendencia a largo plazo en la Precipitación para Venezuela. Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31. Caracas, Venezuela.
- Cárdenas, P.; M.T. Martelo; L.F. García; A. Gil. 2003. Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur en Venezuela. Parte II. Corporación Andina de Fomento, CAF. Caracas, Venezuela.
- Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial – CIDIAT. 2205. Análisis de los posibles impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos en Venezuela. Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31. Mérida, Venezuela.

- Córcega, E. 2006. Consecuencias agrícolas y ambientales del cambio climático a escala local: estudio del caso de las Estaciones Experimentales de la Facultad de Agronomía. Trabajo de Grado. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Hernández, R. 1999. Calendarios de Siembra del estado Guárico. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Core Writing Team, Pachauri, R.K, Reisinger, A. y Equipo principal de redacción (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza.
- Lisboa, E.; M.T. Martelo. 2003. Análisis de eventos extremos de precipitación diaria mediante la Distribución Generalizada de Pareto. Centro de Análisis Estadístico y Matemático CESMA, Universidad Simón Bolívar - Dirección de Hidrología y Meteorología, MARN. Caracas, Venezuela.
- Martelo, M.T. 1993. Calendarios de Siembra del estado Yaracuy. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Martelo, M.T. 2000. Estudio sobre la posible influencia del Fenómeno “El Niño–Oscilación del Sur” (ENOS) sobre el clima de los Llanos en Venezuela, en: Reunión de Expertos de las Asociaciones Regionales AR-III y AR-IV sobre Fenómenos Adversos. Organización Meteorológica Mundial, 2000. Ginebra, Suiza. p. 111-118
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – MARN. 2005. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Fundambiente. Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – MARN. (s/f). Borrador del “Libro de Recursos Hídricos en Venezuela”. Dirección General de Cuencas Hidrográficas. Caracas, Venezuela.
- Osorio. L.; C. Urbina. 1993. Calendarios de Siembra del estado Cojedes. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Osorio. L. 1994. Calendarios de Siembra del estado Anzoátegui. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.

- Ovalles, F.; E. Cabrera; A. Cortéz; M.F. Rodríguez; J.C. Rey. 2005. Formulación de lineamientos generales para un programa de adaptación a los posibles impactos de los cambios climáticos sobre el sector agrícola en Venezuela, considerando tres escenarios (2015, 2040 y 2060) – Aproximación a los escenarios de adaptación al cambio climático del sector agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas - INIA. Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31. Maracay, Venezuela.
- Puche, M.; O. Silva; R. Warnock 2004. Evaluación del efecto del cambio climático sobre cultivos anuales en Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Postgrado en Agronomía, Programa de Modelos Agroambientales. Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31. Maracay, Venezuela.
- Rodríguez, B. 2004. Calendarios de Siembra del estado Sucre. Trabajo de grado. Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Sáez, V. 1993. Calendarios de Siembra del estado Portuguesa. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Sáez, V.; C. Durán. 1994. Calendarios de Siembra del estado Barinas. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Sáez, V. 1995. Calendarios de Siembra del estado Miranda. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Urbina, C. 1997. Calendarios de Siembra del estado Monagas. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Vivas, Z.; M.T. Martelo. 1994. Determinación de Fechas de Siembra en el estado Carabobo. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Vivas, Z.; M.T. Martelo; A. Moreno. 1995. Agroclimatología del estado Aragua. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.