

Convenio MADR-CIAT: La adaptación al cambio climático, una necesidad para el sector palmicultor*

PALABRAS CLAVE: cambio climático, palma de aceite, mitigación, adaptación, aptitud climática, riesgos agroclimáticos.

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

ANDREW JARVIS, Ph.D.

CCAFS, Programa sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del Grupo Consultivo en Investigación sobre Agricultura (CGIAR)
a.jarvis@cgiar.org

DANIEL ESCOBAR CARBONARI

Área de análisis de decisiones y políticas (DAPA) del Centro Internacional de Agricultura Tropical
d.escobar@cgiar.org



Resumen

La agricultura en el futuro se enfrentará a grandes retos como un cambio atmosférico global que implicará un nuevo régimen climático y a tendencias demográficas que exigirán una gestión audaz de las tierras dedicadas a la agricultura. El cultivo de palma de aceite, ante este escenario, tiene oportunidades para aprovechar tan grandes como lo son las amenazas a las que se debe enfrentar, y pese a que existen riesgos altos debido al cambio climático en las zonas tropicales, es cierto también que generar prácticas agrícolas climáticamente inteligentes en el cultivo de palma de aceite es factible y puede desencadenar beneficios para Colombia y esta agroindustria.

Introducción

Los retos actuales a los que se enfrenta el sector agropecuario mundial y el muy posible recrudescimiento de estos en el futuro, hacen que la pregunta de cómo prepararnos para enfrentarlos sea profundamente controversial. La agricultura se desenvolverá en un contexto inédito que puede afectar estructuralmente la sociedad tal y como la conocemos; sin embargo, contamos con las herramientas suficientes para poder hacer frente a estos problemas complejos. Dos elementos sobresalen en el contexto actual y futuro del sector agropecuario: los cambios demográficos globales y las distorsiones atmosféricas globales producidas por el efecto invernadero.

Las tendencias poblacionales mundiales proyectan para 2050, bajo un escenario de fertilidad medio, unos 9.600 millones de seres humanos en el planeta (ONU, 2013). Pese a que es muy conocido el siguiente dato, y sin agenda oculta maltusiana, es impresionante recordar que la cantidad de humanos no superó los mil millones hasta el siglo XIX: el crecimiento exponencial también viene acompañado de marcadas tendencias demográficas, siendo la aglomeración urbana la principal, la cual será cercana al 70 % en 2050 (ONU, 2012), lo que ha repercutido y repercutirá profundamente en los estilos de vida y, por ende, en la dieta humana, como se puede ver en la Figura 1.

Estos factores generan la necesidad de aumentar en 70 % la producción de alimentos (FAO, 2010) en medio de recursos naturales escasos y una mayor demanda por otros productos agrícolas no alimenticios. Cabe mencionar dentro de este aspecto que la tierra

arable con potencial agrícola es poca y se requiere conservar los usos naturales del suelo para que la agricultura siga beneficiándose de los diferentes servicios ecosistémicos que brinda la naturaleza prístina.

Las tendencias cambiantes de las dietas también han mostrado un creciente aumento en la participación de los grandes cultivos de oleaginosas como fuente de calorías, esto en detrimento de alimentos básicos como papa, yuca y ciertas gramíneas (Khoury & Jarvis, 2014). Bajo este marco, el crecimiento del área mundial cultivada en palma de aceite se ha triplicado en dos décadas alcanzando las 17 millones de hectáreas (UCSUSA, 2013), mientras los precios han mantenido una tendencia creciente (Martínez, 2013). Situación similar presenta, en cuanto a precios y expansión, el cultivo de soya. En Colombia, la palma de aceite ocupa cerca de 476.000 hectáreas, lo que lo ha hecho el cuarto productor mundial (Fedepalma, 2013).

Estos cambios en las cantidades y productos demandados del sector agrícola se desarrollarán en un contexto de un clima cambiante, producto de la interferencia antrópica en la composición química de la atmósfera. Las diferentes emisiones producto de las actividades humanas como la combustión de hidrocarburos, la fertilización nitrogenada, la degradación de desechos orgánicos y la fermentación entérica de la actividad pecuaria, han aumentado la presencia de dióxido de carbono, óxido nitroso, gas metano, entre otros (Figura 2). Tanto las concentraciones como la tasa de crecimiento de estos son inéditas para el tiempo del que se tienen datos (USGCRP, 2009).

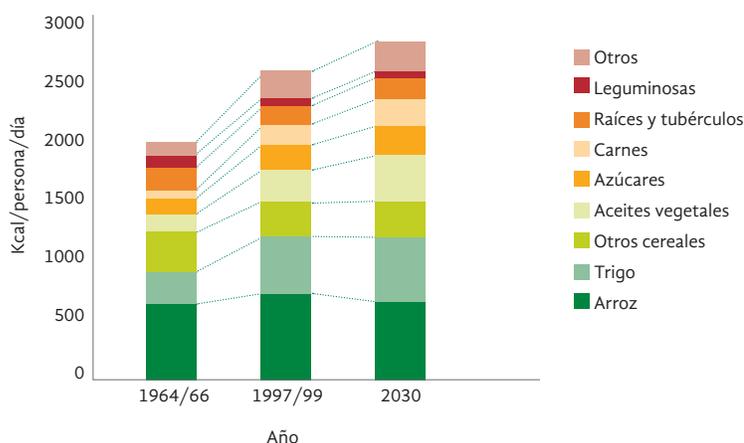
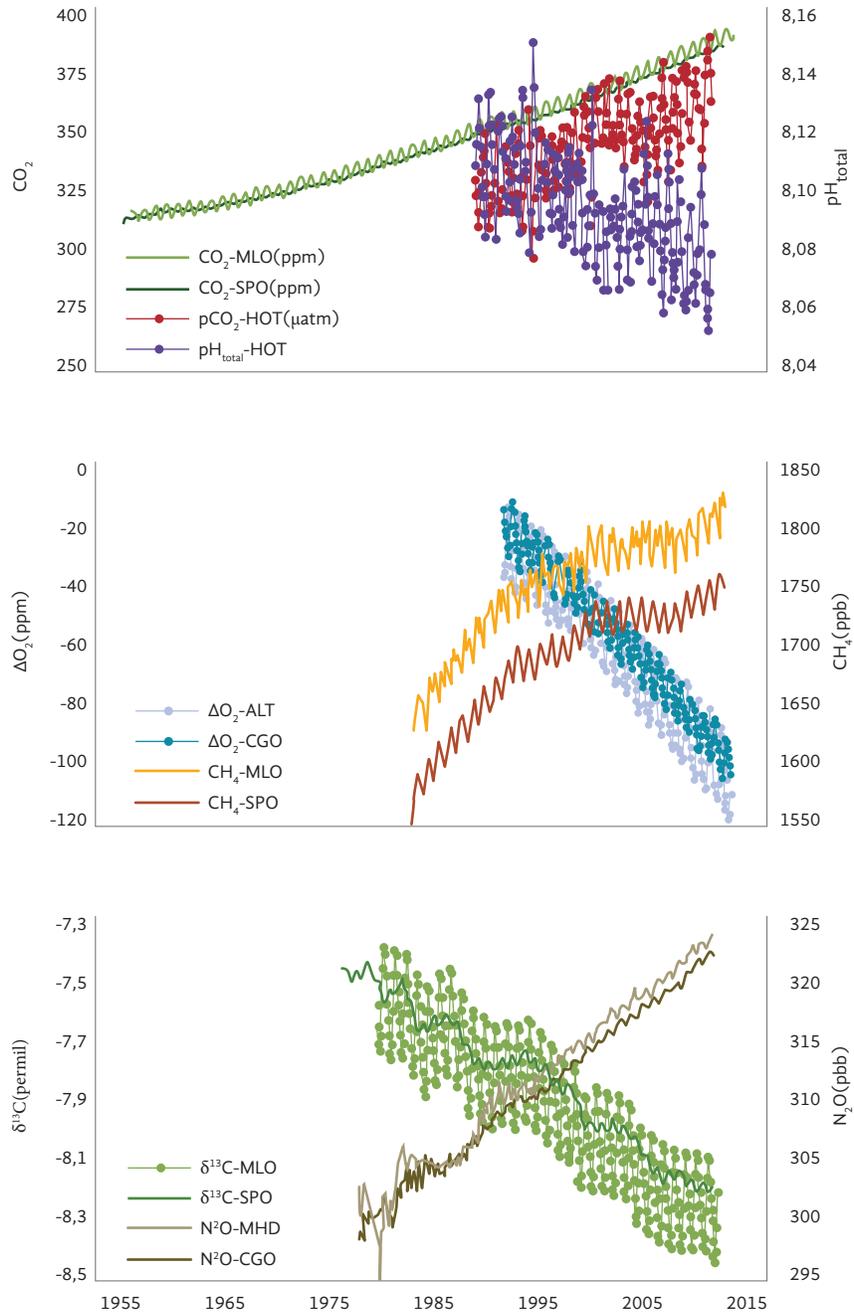


Figura 1. Tendencia mundial en el consumo de alimentos.

Fuente: FAO (2002)

Figura 2. Emisión de gases de efecto invernadero.

Fuente: IPCC, 2013.



La presencia de estos gases ha impactado el clima, trastornando los regímenes de precipitación, el nivel del mar y la temperatura en el planeta (Figura 3). Entre más brusco y grande sea el cambio fisicoquímico de la atmósfera, más fuertes serán las consecuencias (Banco Mundial, 2012). Dichos cambios en el comportamiento climático al que nos tiene acostumbrados el holoceno, tienen un impacto en la aptitud y productividad de la agricultura, poniendo en peligro una de las más importantes bases de la sociedad.

El clima futuro y la agricultura: un riesgo para todos

En lo que respecta al rendimiento de los cultivos más representativos, el aumento de temperatura impactará negativamente, teniendo reducciones importantes en las zonas templadas, pero aún más pronunciadas en el cinturón intertropical (Lobell, Schlenker, & Costa-Roberts, 2011). Es decir, el coletazo se sentirá más fuerte en donde menor responsabilidad existe,

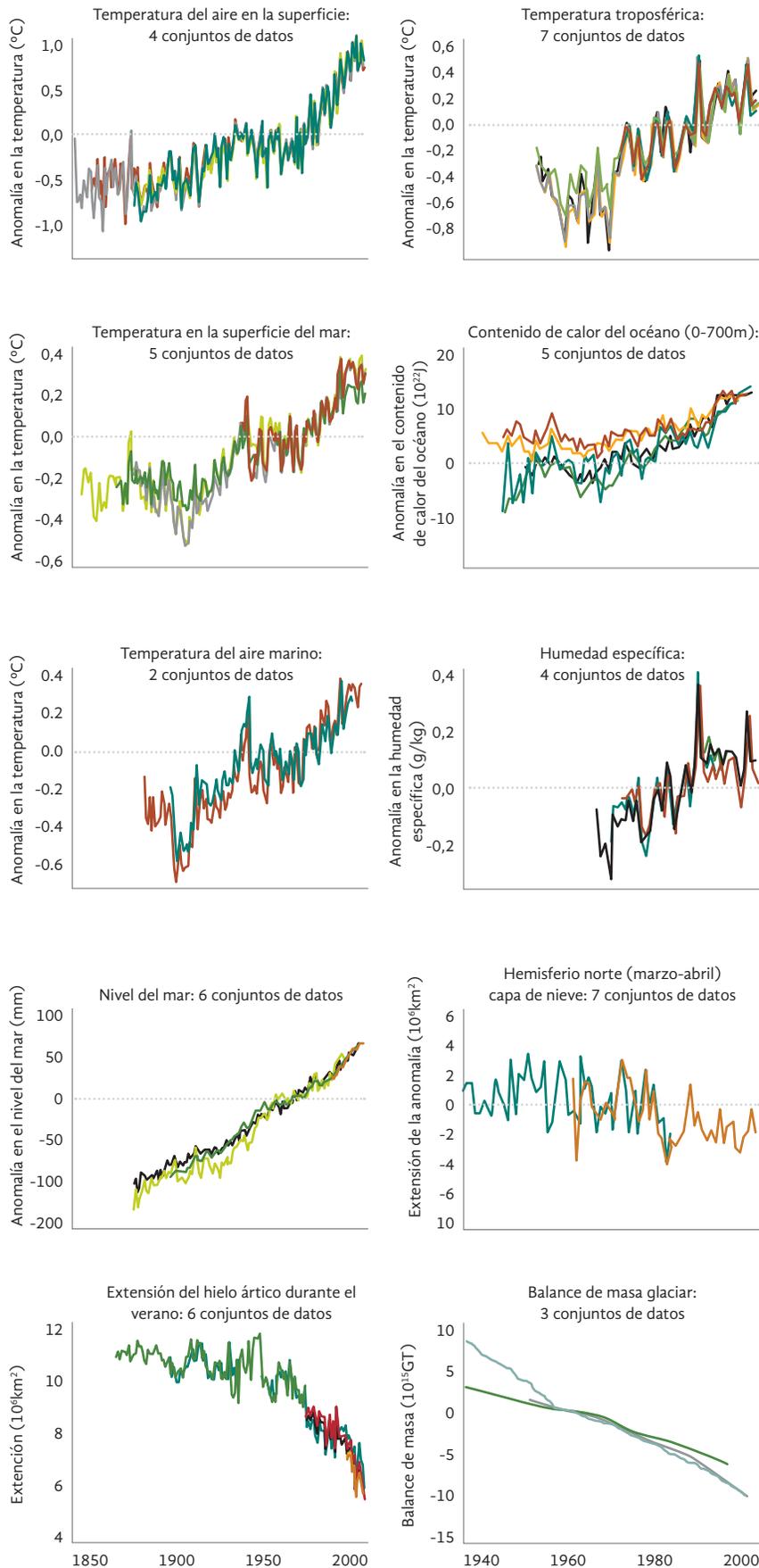


Figura 3. Alteraciones en la temperatura y el nivel del mar ocasionadas por el aumento en la emisión de Gases Efecto Invernadero.

Fuente: IPCC, 2013

el clima no parece conocer de nimiedades humanas como la justicia. Estos impactos en rendimientos pueden provocar retroalimentaciones negativas como impacto en la pobreza vía aumento de precios, reducción de la seguridad alimentaria a través de la escasez, convulsiones sociales, entre otros. Otras transformaciones como los cambios de aptitud en ciertas plagas, impacto de los aumentos de la concentración de CO₂ en la eficiencia fotosintética en plantas C3 y C4, y aumento de los eventos extremos son más complejos de cuantificar (IPCC, 2014), sin embargo, son claves para entender el impacto del cambio climático en la agricultura.

En materia de seguridad alimentaria existe evidencia robusta que muestra que los precios de los alimentos son profundamente sensibles a eventos climáticos atípicos. No obstante, otros componentes como el precio del petróleo son muy importantes para la evolución de dichos valores (IPCC, 2014).

Por otro lado, es necesario tener en cuenta que el calentamiento no tiene que ser extremo para generar impactos importantes. Inclusive cumpliendo con la meta establecida en los acuerdos de Copenhague de mantener el calentamiento por debajo de los 2 grados sobre la media histórica, la producción agrícola puede ser afectada más intensamente en zonas intertropicales (IPCC, 2014). Dicho objetivo internacional parece estar lejano si se toma en cuenta que entre el

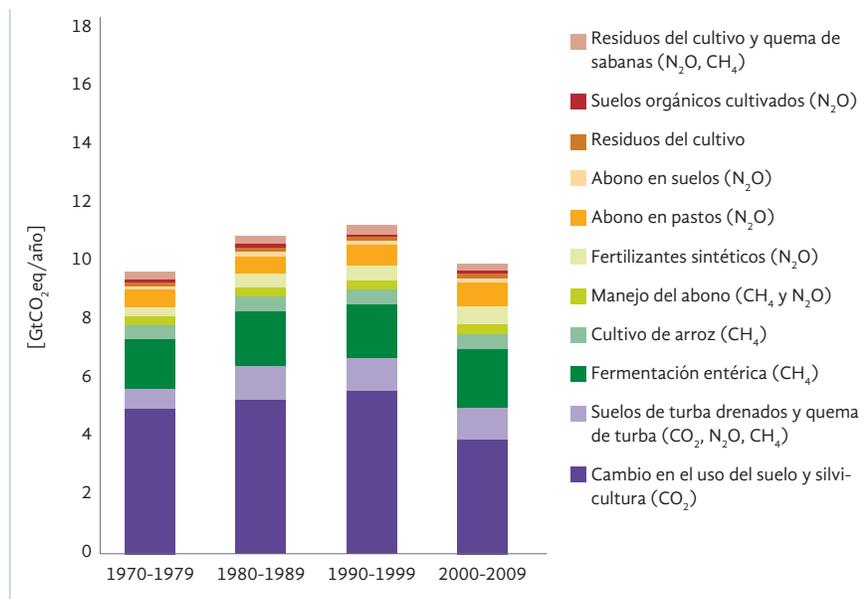
nivel de emisiones necesario para no sobrepasar la meta¹ y la situación resultado de los compromisos actuales (sin ser cumplidos rigurosamente) existe una brecha de 8-12 gigatoneladas de dióxido de carbono (UNEP, 2013).

Esta brecha representa, en términos proporcionales, unas 60 veces las emisiones de toda Colombia, de acuerdo con los valores expuestos en la Segunda Comunicación Nacional. El reto de reducción de emisiones para disminuir el riesgo de la interferencia antrópica en el sistema climático es preocupantemente alto. La agricultura se encuentra en una problemática profunda, con un contexto futuro cuando menos inquietante, donde es víctima del cambio climático, pero también culpable. Cerca del 24 % de las emisiones anuales se deben al sector que conglomeraba la agricultura, las actividades pecuarias, forestales y otros usos del suelo (IPCC, 2014).

Esto se manifiesta de manera clara en la siguiente gráfica, la cual agrupa la evolución de las emisiones del sector ASOUS (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo), dividiéndolo por subsectores (Figura 4).

En Colombia la participación del sector es aun mayor, la agricultura por su cuenta genera el 38 % de emisiones anuales totales (IDEAM, 2009). A su vez, la producción agrícola se ha visto afectada por el clima en múltiples ocasiones. Los eventos extremos

Figura 4. Evolución de las emisiones del sector ASOUS por subsectores.
Fuente: IPCC (2014).



1 Un nivel de probabilidades de 66 % para el IPCC

(con los que ha convivido desde siempre el territorio colombiano) han demostrado la poca capacidad de respuesta y la alta sensibilidad del sector frente a los fenómenos climáticos en múltiples dimensiones (Ramirez-Villegas, Jarvis, Salazar, & Navarro, 2012).

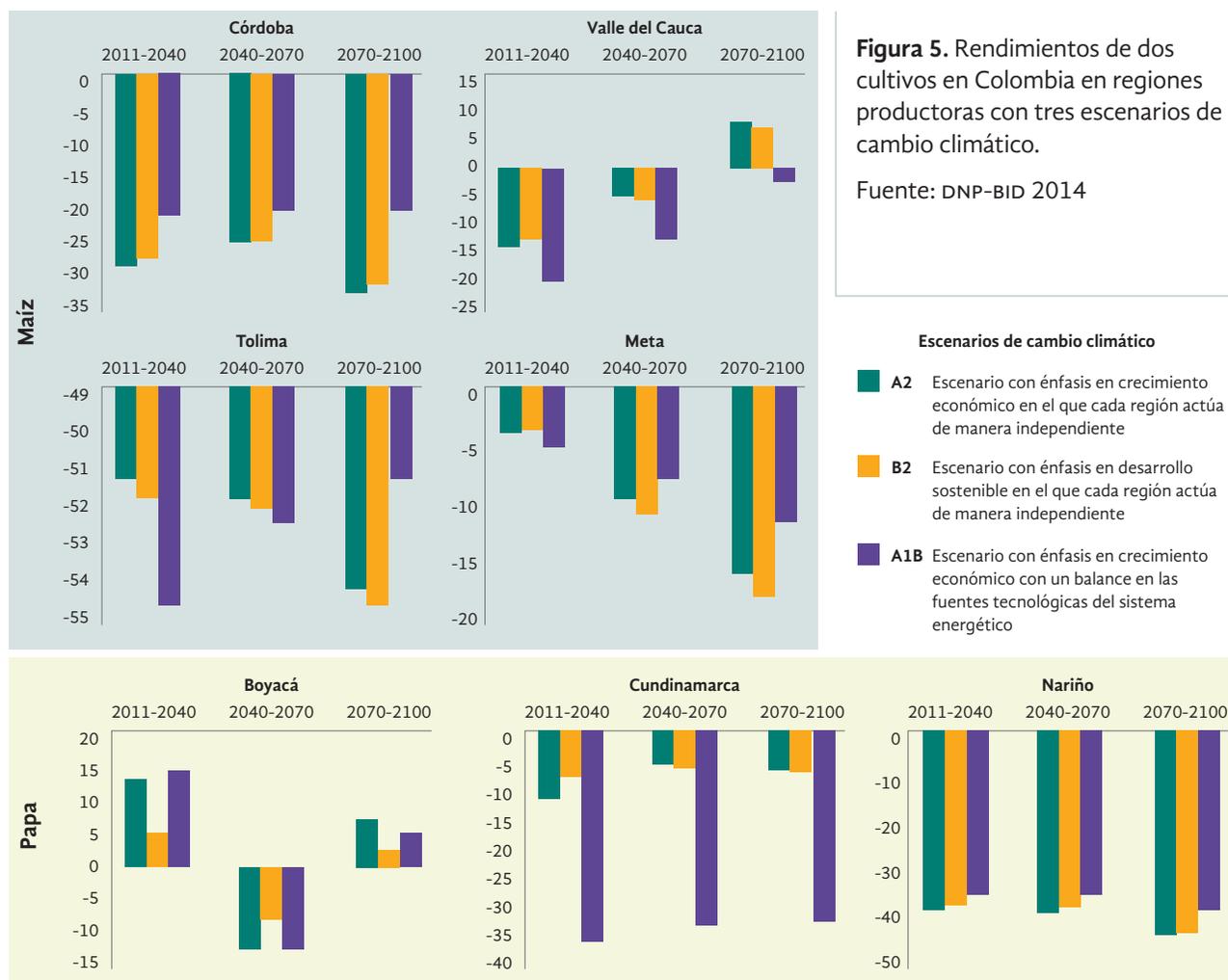
En la ola invernal de 2010-2011, el sector agrícola perdió 693.448 millones de pesos, tanto por áreas perdidas por inundación como por menores rendimientos asociados (Cepal, 2012). El sector palmicultor perdió 4.671 millones por imposibilidad de cosechar y 5.427 por disminución de rendimientos, lo que se traduce en una pérdida general de 10.118 millones (Cepal, 2012). Cabe mencionar que si bien la pérdida no es tan significativa, de darse fenómenos extremos en zonas intensivas en palma, los daños pueden ser muy altos.

La variabilidad climática es un concepto diferenciado del cambio climático, pues el primero se centra en los cambios, potencialmente extremos, del tiempo

meteorológico y, el segundo se refiere a los cambios de patrones en niveles generales. Es, sin embargo, importante señalar que el cambio climático tendrá impactos en los eventos extremos, haciéndolos posiblemente más comunes y fuertes.

En los estudios sobre el impacto de los cambios de patrones generales del clima, la agricultura en Colombia resalta por ser una actividad profundamente sensible. Esto implica que los riesgos que supone el cambio climático para el sector agrícola son muy altos y que los impactos pueden traducirse en elevados costos económicos.

De acuerdo con análisis de impacto hechos particularmente en Colombia, se espera que en general, para cultivos determinados como estratégicos para el Departamento Nacional de Planeación, los rendimientos en las regiones productoras decrezcan (DNP-BID, 2014) (Figura 5).



El contexto anteriormente descrito hace necesario que productores, gremios, tomadores de decisión, academia, organizaciones no gubernamentales y demás actores se tomen muy en serio el, valga la tautología, problema más serio al que el sector se ha enfrentado.

La sensibilidad mostrada por la agricultura colombiana frente al clima, la relevancia de la práctica en la generación de empleo y la salud de la población, además de las ventajas comparativas que tiene el sector por sus condiciones biofísicas, hacen necesarias políticas públicas nacionales y regionales ambiciosas.

La respuesta debe ser alguna que entienda el reto que implica ser más eficiente en el uso de recursos naturales y enfrentarse a un clima riesgoso. Todo lo anterior mientras se aprovechan las oportunidades de alimentar a una población creciente² y condiciones ecológicas inmejorables.

Un nuevo enfoque basado en una agricultura climáticamente inteligente, que incremente sosteniblemente la producción, apoye el reto global de mitigar el cambio climático y responda ante los riesgos que este supone.

Una apuesta por la Agricultura Climáticamente Inteligente: Convenio MADR-CIAT

Desde 2010 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Centro de Investigación en Agricultura Tropical (CIAT) han venido realizando un trabajo conjunto con el objetivo de aumentar la resiliencia de la agricultura colombiana frente a los retos climáticos y productivos, actuales y futuros.

Con el apoyo de gremios como Fedearroz, Fenalce, instituciones asociadas a organizaciones de productores como Fedepalma, fundaciones como Fundesot y Biofuturo, centros de investigación como CIPAV y Cenipalma, Biotec, la corporación Clayuca y la con-

sultora GASA, se ha dado un primer gran paso para transformar al clima de impredecible enemigo a aliado productivo. Dicho acuerdo relaciona a diferentes actores del sector, potenciando sus sinergias dentro de sus roles particulares. En este marco dicho esfuerzo tiene cuatro objetivos principales que manifiestan lo ambicioso y relevante del acuerdo.

En primera medida se están probando y validando opciones tecnológicas, con el fin de que sean medidas de adaptación tanto al cambio climático global como a la variabilidad meteorológica local. También se ha brindado apoyo al sector mediante modelos de cultivo y pronósticos agroclimáticos para la gestión del riesgo. Por otro lado, se ha contribuido al cierre de brechas productivas mediante la aplicación de técnicas de agricultura específica por sitio.

Por último, se han evaluado sistemas productivos y analizado potenciales oportunidades para establecer sistemas de pagos por servicios ambientales, con la intención de incentivar la sostenibilidad del sector.

Mencionando cifras actualizadas, el convenio ha trabajado en más de 50 municipios, con más de 800 parcelas experimentales en 16 localidades, 200 sitios de trabajo en fincas, 120 eventos y talleres con más de 2.000 participantes de 70 organizaciones diferentes. Con innovación científica, trabajo de campo, retroalimentación constante con productores y gremios se ha avanzado en el manejo de sitio y clima específicos. Lo anterior mediante el estudio tanto de los factores no controlables (condiciones edáficas y climáticas) como los controlables (fenotipo y manejo agronómico).

Lo anterior ha hecho surgir la necesidad de recabar la historia de cómo ha sido el comportamiento de los diferentes cultivos ante las diferentes situaciones climatológicas. Esto ha sido construido a partir de los esfuerzos previos por recabar esta importante información.

Con base en datos ya existentes y otros nuevos, se han generado pronósticos agroclimáticos y probado prácticas agronómicas. A su vez, mediante la evaluación de diferentes variedades de cultivo y el desarrollo de modelaciones fisiológicas y fenológicas, la agricultura colombiana ha dado un paso importante en aumentar su resiliencia climática. Esto ha permitido casos de éxito importantes, siendo los más recientes la prevención de daños en la cosecha de arroz en Norte de Santander mediante la aplicación de técni-

2 De acuerdo con un informe de la FAO en conjunto con la OCDE citado por Mary Stokes en el artículo para El País: *Al producir alimentos, ¿nos estamos comiendo el planeta?*, *Asía y América Latina serán los responsables del 75 % de la producción agrícola durante la próxima década.*

cas de Big Data para pronósticos agroclimáticos. Esto permitió salvaguardar 1.800 hectáreas mediante un cambio de fechas de siembra que optimizó el comportamiento del cultivo frente a la radiación solar. La iniciativa previamente mencionada fue merecedora de un galardón en el marco del reto Big Data y Cambio Climático realizado por la Cumbre Mundial sobre el Clima de 2014.

Actualmente el convenio está trabajando en palma de aceite, colaborando específicamente en la medición de la evapotranspiración y el impacto de las condiciones hídricas en el desarrollo y la producción del cultivo. Por otro lado, se están realizando los análisis correspondientes para la generación de un balance de emisiones y fijaciones de dióxido de carbono equivalente en palma de aceite, en conjunto con Cenipalma.

Pese a los actuales esfuerzos del CIAT y Cenipalma es necesario continuar con los estudios para aumentar la base de conocimientos que permitan volver a la palma de aceite un ejemplo de agricultura climáticamente inteligente. ¿Cómo reaccionará este importante sector ante los cambios particulares del clima en Colombia?, ¿Cómo puede contribuir a paliar los efectos del cambio climático?, estas son preguntas claves para las cuales todavía no se cuenta con la información necesaria, empero vale la pena analizar lo existente.

Palma de aceite y cambio climático

Impacto del cambio climático en la palma de aceite

La gran pregunta sobre el futuro del sector es aquella relacionada con las nuevas condiciones de producción que serán determinadas por los cambios en el sistema climático global. Esto teniendo en cuenta que en un sistema interrelacionado como la biósfera, un cambio en las condiciones atmosféricas generará cambios en otros elementos del sistema que aún no logramos dilucidar del todo. Como todas las potenciales transformaciones afectarán la producción de palma, es ciertamente un ejercicio que se desarrolla en alta incertidumbre, sobre todo por la multitud de variables y las interrelaciones entre estas.

Tomando en cuenta las variables principales de temperatura y precipitación bajo un escenario de ca-

lentamiento intermedio (A2a³) en el marco de un modelo climático de circulación global, las proyecciones de aptitud para palma de aceite decrecen mundialmente cerca de 6 % para 2055 (Lane & Jarvis, 2007).

El contexto meteorológico futuro, en la zona actual del cultivo de palma que es la tropical de baja altitud, tendrá como principal característica el aumento de temperatura, causada por el aumento de la radiación solar de onda larga en la troposfera. Bajo estas condiciones se puede esperar una migración de la aptitud hacia zonas subtropicales, dado que estas áreas se volverán más calientes, esto hace parte del fenómeno denominado “movimiento de cultivos hacia los polos” (Pritchard, 2011).

Pese a que existen pocos análisis de evolución de la aptitud de la palma de aceite frente al cambio climático (Paterson, Sariah, & Lima, 2013), el aumento de la temperatura se puede traducir en una disminución de la eficiencia fotosintética después de que se sobrepasa cierto umbral. Lo anterior debido a la condición de la ruta metabólica C3 característica de la palma de aceite, la cual es afectada por la temperatura incremental del aire propia de un escenario de cambio climático.

En la Tabla 1, generada en el estudio, algo entrado en años ya, realizado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología, se puede observar que un aumento de temperatura en conjunto con un decrecimiento del agua, puede generar un efecto negativo en los rendimientos del cultivo.

Lo anterior teniendo en cuenta, incluso, el aumento potencial debido al enriquecimiento en CO₂ del aire. Cabe mencionar que todavía los estudios con aire enriquecido con dióxido de carbono son escasos y poco concluyentes. Ahora bien, son significativamente preponderantes en la literatura científica aquellos realizados en el Sudeste Asiático, debido al peso relativo de dichos países en la producción. Pero no es

3 Elemento intermedio de la familia de escenarios del AR4 del Panel Internacional en Cambio Climático creados a partir de escenarios proyectados de concentración y emisiones de Gases de Efecto Invernadero, dependientes de narrativas socio-económicas futuras.

Tabla 1. Cifras estimadas sobre el cambio climático 2020- 2060. Fuente: (MOSTI, 2001).

Año 2020				Año 2040				Año 2060			
CO ₂ (ppm)	400	400	400	CO ₂ (ppm)	600	600	600	CO ₂ (ppm)	800	800	800
Incremento en la temperatura °C	0,3	0,85	1,4	Incremento en la temperatura °C	0,4	1,4	2,4	Incremento en la temperatura °C	0,6	2	3,4
Cambio en precipitaciones				Cambio en precipitaciones				Cambio en precipitaciones			
14 %	21,5	21,5	22,0	23 %	24,0	24,0	24,0	32 %	26,0	26,0	26,0
7 %	23,0	23,0	23,25	11 %	25,0	25,0	25,0	15 %	27,0	27,0	26,0
0,40 %	22,5	22,5	22,75	0,70 %	24,5	24,5	24,5	1 %	26,0	26,0	25,0
0 %	22,0	22,0	22,0	0 %	24,0	24,0	24,0	0 %	26,0	26,0	26,0
-0,40 %	22,0	22,0	22,0	-0,70 %	23,5	23,5	23,0	-1 %	24,0	24,0	22,0
-7 %	17,6	17,6	17,0	-11 %	19,2	19,2	18,7	-15 %	18,0	18,0	15,0
-14 %	15,4	15,4	15,4	-23 %	15,6	15,6	14,9	-32 %	14,3	14,3	13,0

Nota: Datos expresados en toneladas/ha/año.

adecuado extrapolar los mismos resultados a Colombia, ya que no toman en cuenta las particularidades propias del país.

Sin embargo, dichas conclusiones sirven para tener guías que pueden generar conclusiones preliminares. Teniendo en cuenta las proyecciones para los trópicos sudamericanos de aumento de temperatura y reducción de la humedad de los suelos (IPCC, 2014) puede preverse pérdidas de aptitud y rendimientos.

En un ejercicio con un modelo ligero de aptitud agroclimático bajo un escenario A2a para 2050 realizado para cuatro municipios representativos en la producción de palma africana en Colombia, se puede ver que tomando en cuenta solo variables de temperatura y precipitación, existirá a futuro una pérdida de aptitud (Figuras 6 a-b).

Como se puede notar, la aptitud a niveles generales se ve disminuida por el efecto de las nuevas con-

Figura 6a. Aptitud actual en los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres, San Carlos de Guaroa y San Martín (verde= más apto; rojo= no apto).

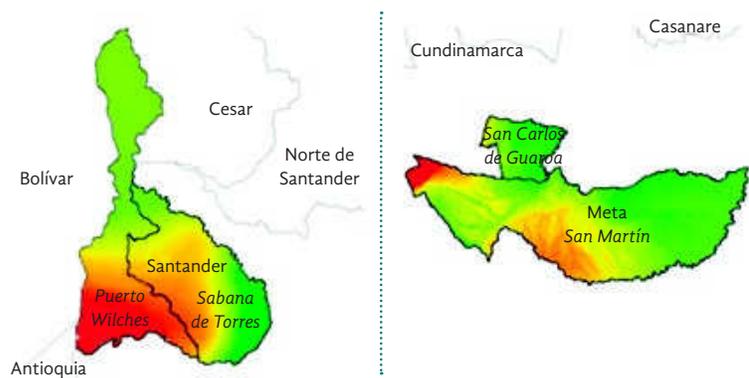
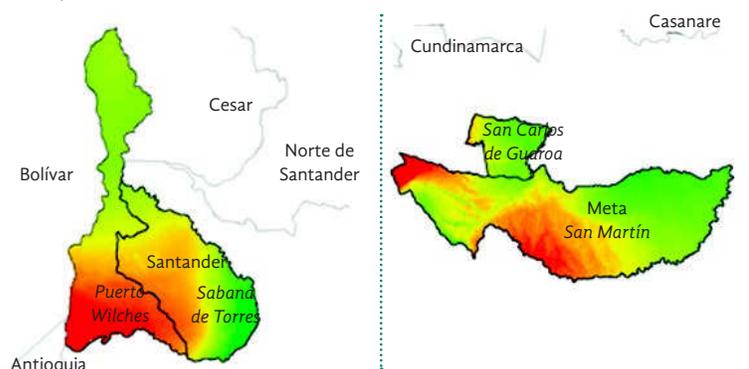


Figura 6b. Aptitud futura en los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres, San Carlos de Guaroa y San Martín (verde= más apto; rojo= no apto).



Elaborado por Antonio Pantoja, Ingeniero Topográfico del área de Análisis de decisión y política del CIAT.

diciones climáticas. Ahora bien, como se mencionó anteriormente, los impactos dependerán de muchos otros factores que van a ser afectados por el cambio climático global, pero todas sus interrelaciones y retroalimentaciones no son lo suficientemente conocidas. Los eventos extremos, los cambios en los suelos, el enriquecimiento del aire en dióxido de carbono, el ozono troposférico y el cambio en la distribución de plagas son algunos de los elementos que se deben tener en cuenta para proyectar los impactos en un cultivo con alta certidumbre.

Algunos trabajos se han realizado para determinar el impacto del cambio climático en las enfermedades que afectan la palma de aceite, sin embargo, son para condiciones del Sudeste Asiático. En este sentido frente a enfermedades como *Fusarium*, *Ganoderma* y otras relacionadas con hongos pueden aumentarse el rango, la distribución y la cantidad de vectores (Pateron, Sariah, & Lima, 2013). A su vez, condiciones de estrés hídrico y aumento de temperatura, con disponibilidad artificial de aguas, pueden potenciar distintas enfermedades (Pateron, Sariah, & Lima, 2013).

Saber el comportamiento futuro de plagas locales como la *Phytophthora palmivora* en presencia del nuevo régimen climático es necesario para la salud futura del sector. La reacción de este pequeño protista ante los nuevos regímenes de temperatura, humedad y condiciones ecológicas sigue siendo un misterio.

El cambio climático supone riesgos para la palma africana, particularmente altos para las zonas inter-

tropicales. Las nuevas condiciones pueden provocar distorsiones de las zonas aptas afectando fuertemente a los países productores actuales y favoreciendo a zonas subtropicales. Es entonces una necesidad imperante continuar con los estudios y aumentar la resiliencia del sector ante el clima.

Balance de carbono

Es también importante indagar en la otra cara de la moneda: el efecto que el cultivo tiene en el potencial o en la mitigación del cambio climático. Donde la primera problemática asociada a la palma de aceite es la aptitud que presenta en zonas donde hay bosques tropicales. Esta es la razón por la cual en el Sudeste Asiático la actividad palmicultora ha tenido una importante participación en la deforestación de selvas húmedas (Figura 7).

Dicha situación puede hacer que la huella de carbono del sector aumente exponencialmente puesto que los ecosistemas que reemplaza se caracterizan por un alto *stock* de carbono, llegando a liberarse, en una hectárea deforestada, 850 toneladas de dióxido de carbono equivalente (Sheil *et al.*, 2009).

Esta relación supone un riesgo no solo al generar tensiones sociopolíticas sino al exacerbar el fenómeno que afecta la sostenibilidad del cultivo a largo plazo. Sin embargo, como se ha demostrado, la palma de aceite puede darse en concordancia con los ecosistemas húmedos tropicales y potenciar el desa-

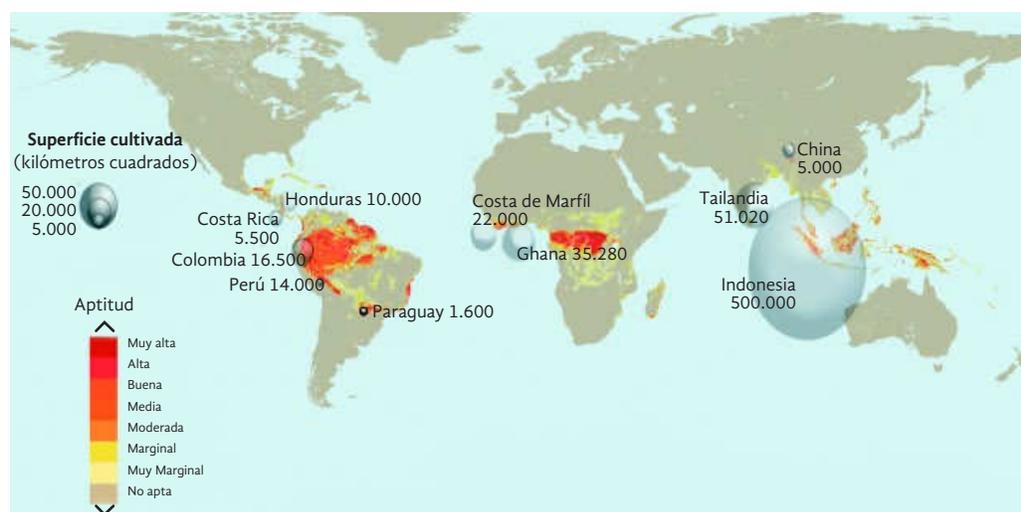


Figura 7. Superficie de palma de aceite cultivada y aptitud del suelo, FAO 2009.

Fuente: UNEP, 2011

rollo mediante la intensificación sostenible (Rival & Levang, 2014).

Por lo pronto, la palma de aceite en Colombia se ha establecido en lugares donde no existían selvas húmedas tropicales, y su potencial de expansión en zonas con baja biomasa inicial es alto (Henson, Ruiz, & Romero, 2012). A su vez, dicho cultivo tiene la potencialidad de recuperar tierras degradadas y aumentar exponencialmente su productividad, lo que se puede traducir en una absorción importante de dióxido de carbono (Ruysschaert, Darsoyo, Zen, Gea, & Singleton, 2011). Lo anterior parte del hecho que, de acuerdo con análisis preliminares, en una plantación madura de palma de aceite pueden haber capturadas hasta 300 toneladas de dióxido de carbono equivalente (Tomich *et al.*, 2002).

Los análisis que en este momento están siendo realizados en el marco del Convenio MADR-CIAT permitirán tener datos obtenidos a partir de información sobre las particularidades del sector en Colombia.

Conclusiones

El cambio climático global será el contexto en el que se desarrollará la agricultura en las siguientes décadas, incluido el cultivo de palma. El nivel de riesgo que esto suponga para la vida de nuestra especie depende de aquello que estemos dispuestos a hacer. Más que nunca una agricultura que entienda su contexto biofísico y social mediante la investigación es una necesidad para que el siglo XXI, sea uno de posibilidades y no uno de escasez. Enfrentarnos a este reto requiere imaginación y audacia, virtudes que nos hemos dado el lujo de olvidar en el campo colombiano durante muchas décadas. Las oportunidades están ahí, pese a los altos riesgos que se ciñen en el futuro sobre el campo colombiano, es factible pensar en décadas mejores. La palma de aceite puede ser parte de la solución pero se requieren esfuerzos importantes para encontrar las sinergias entre mitigación, adaptación, cuidado del medio ambiente y mejora de la rentabilidad. El CIAT está dispuesto a hacer su parte.

Referencias bibliográficas

- USGCRP. (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*. New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Banco Mundial. (2012). *Bajemos la temperatura: ¿Por qué se debe evitar un mundo 4 C más calido?* Washington, DC: PIK.
- Cepal. (2012). *Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia, 2010-2011*. Bogotá: Misión BID-Cepal.
- DNP-BID. (2014). *Impactos Económicos del Cambio Climático*. Bogotá.
- FAO. (2010). *How to Feed the World in 2050*. Documento interno FAO.
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite- Fedepalma. (2013). *Minianuario estadístico 2013. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia*. Fedepalma. 55pp.
- Henson, I., Ruiz, R., & Romero, H. (2011). *The growth of the oil palm industry in Colombia*. *J. Oil Palm Res*, 23, 1121- 1128.
- Henson, I., Ruiz, R., & Romero, H. (2012). *The greenhouse gas balance of the oil palm industry in Colombia: a preliminary analysis*. *Agronomía Colombiana*, 30(3), 359- 369.
- IDEAM. (2009). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Bogotá.

- IPCC. (2013). *Technical Summary*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. (2014). *AFOLU sector: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Food security and food production systems in : Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Khoury, C., & Jarvis, A. (2014). *The Changing Composition of the Global Diet: Implications for CGIAR Research*. Cali: CIAT, Policy Brief No. 18. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Lane, A., & Jarvis, A. (2007). *Changes in Climate will modify the Geography of Crop Suitability: Agricultural Biodiversity can help with Adaptation*. ICRISAT.
- Lobell, D., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620.
- Martinez, G. (2013). *Panorama de la agroindustria palmera-retos y oportunidades*. Bogotá: Fedepalma.
- MOSTI. (2001). *Prediction of climate change effect on oil palm yield*.
- ONU. (2012). *World Urbanization Prospects The 2011 Revision*. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- ONU. (2013). *World Population Prospects The 2012 Revision: Key Findings and Advance Tables*. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population division.
- Paterson, R., Sariah, M., & Lima, N. (2013). *How will climate change affect oil palm fungal diseases?* Elsevier: Crop Protection.
- Pritchard, S. (2011). *Soil organisms and global climate change*. *Plant Pathol.*, 60(1), 82- 99.
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A., Salazar, J., & Navarro, C. (2012). *A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: Perspectives towards 2050*. *Climatic Change*, 115(3-4), 611-628
- Rival, A., & Levang, P. (2014). *Palms of controversies: Oil palm and development challenges*. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Ruysschaert, D., Darsoyo, A., Zen, R., Gea, G., & Singleton, I. (2011). *Developing palm-oil production on degraded land*. Unpublished document.
- Sheil, D., Casson, A., Meijaard, E., van Noordwijk, M., Gaskell, J., Sunderland-Groves, J., et al. (2009). *The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know?* Bogor, Indonesia: CIFOR: Occasional paper no. 51.
- Tomich et al, T. (2002). *Environmental benefits and sustainable land-use in Jambi transect*. Indonesia: Journal of Vegetation Science.
- UCSUSA. (2013). *Palm oil and global warming*. Washington: Union of concerned scientists.
- UNEP. (2011). *Oil palm plantations: threats and opportunities for tropical ecosystems*.
- UNEP. (2013). *The Global Gap Report*. Nairobi: United Nations Environment Program.